

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

---

Инженерная школа энергетики

Отделение/НОЦ Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль Тепловые электрические станции

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Исследование систем подпитки тепловых сетей, расчёт и разработка технологической схемы подпитки</b>

УДК 621.21.002.5:621.175(571.54/55)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б3А2	Таракановский Никита Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. Преподаватель НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	В. В. Зайцев	-		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель Отделения социально- гуманитарных наук	Н. Г. Кузьмина	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент Отделения контроля и диагностики	М. В. Василевский	к.т.н., доцент		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	М.А. Вагнер	-		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель Отделения/НОЦ/ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	А.М. Антонова	к.т.н., доцент		

Томск – 2018 г.

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата, указанными в ФГОС ВПО по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	<i>Универсальные компетенции</i>
P1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
P3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> 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 <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
	<i>Профессиональные компетенции</i>
P7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
P8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> 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 <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
P10	Проводить <i>комплексные</i> 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 <i>базовых и специальных</i> знаний и <i>современных</i> методов.
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 и электрической энергии, управлять технологическими объектами на основе АСУТП; использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
	<i>Специальные профессиональные</i>
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, 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.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

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

---

Инженерная школа энергетики

Отделение/НОЦ Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль Тепловые электрические станции

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой АТЭС ЭНИН  
А.С. Матвеев

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

**бакалаврской работы**

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5БЗА2	Таракановскому Никите Сергеевичу

Тема работы:

**Исследование систем подпитки тепловых сетей, расчет и разработка технологической схемы подпитки.**

Утверждена приказом директора (директора) (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

(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.).

Объект исследования: источники и системы централизованного теплоснабжения.

Цель исследования: изучить отечественный опыт построения систем централизованного теплоснабжения и различных технических решений по сетевой и станционной части с подробным анализом вопросов, касающихся подпитки тепловой сети в результате утечек и горячего водоразбора. Предложить наиболее оптимальные решения по организации систем централизованного теплоснабжения на конкретном примере с необходимыми расчетами и обоснованиями.

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Исследовать вопросы, связанные с централизованным отпуском тепла для целей отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.</li> <li>2. Проанализировать структуру потребления тепловой энергии, классифицировать потребителей и режимы потребления.</li> <li>3. Исследовать вопрос принципов построения современных систем теплоснабжения и их классификацию, достоинства и недостатки различных схем отпуска тепла.</li> <li>4. Выполнить развернутый анализ различных технических решений по подогреву сетевой воды на источниках централизованного теплоснабжения.</li> <li>5. Изучить вопрос, связанный с организацией подпитки тепловой сети на источниках централизованного теплоснабжения, требования к качеству воды, проанализировать расходы подпиточной воды для различных систем теплоснабжения.</li> <li>6. Рассчитать на конкретном примере потребность в расходах сетевой и подпиточной воды, обосновать и разработать схему отпуска тепла и организации подпитки сетевой воды на источнике, выбрать необходимое современное оборудование.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Принципиальная схема отпуска тепла и подготовки подпиточной воды на источнике централизованного теплоснабжения.</p>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
1. Все технические разделы ВКР	Ст. Преподаватель НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ Зайцев В. В.
2. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Старший преподаватель Отделения социально-гуманитарных наук Кузьмина Н. Г.
3. Социальная ответственность	Доцент Отделения контроля и диагностики Василевский М. В.

**Название разделов, которые должны быть написаны на русском языке:**

Введение
1. Теплофикация и централизованное теплоснабжение
2. Потребители тепла и тепловые нагрузки
3. Классификация систем теплоснабжения.
4. Принципы отпуска тепла от ТЭС. Схемы подогрева сетевой воды на ТЭС.
5. Подпитка тепловых сетей. Требования к качеству сетевой воды. Определение расходов подпиточной воды для систем с открытым и закрытым ГВС.
6. Разработка технологической схемы, расчет и выбор оборудования системы подпитки для источника теплоснабжения - практический пример.
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
8. Социальная ответственность
Заключение

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	<b>25.12.17</b>
--	-----------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. Преподаватель НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	Зайцев В.В.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б3А2	Таракановский Никита Сергеевич		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 94 с., 12 рис., 5 источников, 1 л. графического материала.

ТЕПЛОФИКАЦИЯ, ТЕПЛОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ, ТЕПЛОВАЯ НАГРУЗКА, КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК, СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, ВОДОПОДГОТОВКА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ, РАСХОД ПОДПИТОЧНОЙ ВОДЫ.

Задача выпускной квалификационной работы – в учебно-исследовательской части описать сущность теплофикации, теплового потребления и тепловой нагрузки. Далее описать системы теплоснабжения, какие они бывают, преимущества и недостатки. Так же рассказать про способы подготовки подпиточной воды. В расчетной части было рассчитано количество подпиточной воды, которое нужно для системы теплоснабжения для микрорайона с населением 10000 человек. Было выбрано оборудование для подпитки системы теплоснабжения исходя из тепловой нагрузки теплообменников, расхода подпиточной воды. Выполнен чертеж технологической схемы для подпитки тепловой сети. Также были рассчитаны капитальные затраты на оборудование для подпиточной схемы и срок их окупаемости. Было рассмотрено влияние систем теплоснабжения на экологическую и социальную среду.

Пояснительная записка выполнена в текстовом редакторе MS Word 2010.

## Оглавление

Введение.....	9
1. Теплофикация и централизованное теплоснабжение .....	10
2. Тепловое потребление .....	14
2.1 Классификация тепловых нагрузок .....	14
2.2 Сезонная нагрузка .....	15
2.3 Вентиляция .....	17
2.4 Суммарная сезонная тепловая нагрузка.....	19
2.5 Круглогодичная нагрузка .....	21
2.6 Годовой расход теплоты.....	24
2.7 График продолжительности тепловых нагрузок.....	27
3. Системы теплоснабжения.....	30
3.1 Классификация систем теплоснабжения .....	30
3.2 Водяные системы .....	32
3.2.1 Закрытые системы.....	33
3.2.2 Открытые системы.....	40
3.3 Схемы подогрева сетевой воды на ТЭЦ .....	43
4. Водоподготовка для тепловых сетей.....	46
4.1 Умягчение воды.....	47
4.2 Деаэрация воды .....	50
5. Расход подпиточной воды для открытых и закрытых систем теплоснабжения .....	52
6. Расчетная часть.....	56
6.1 Расчет теплового потребления микрорайона .....	56
6.2 Расчет подпиточной схемы тепловой сети .....	58
6.3 Выбор оборудования.....	60
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	68
7.1 Планирование работ и оценка времени их выполнения.....	68
7.2 Смета затрат на проектирование .....	70
7.3 Смета затрат на реализацию проекта .....	75
7.4 Определение срока окупаемости проекта.....	76
8. Социальная ответственность.....	82
8.1 Производственная безопасность.....	83
8.2 Экологическая безопасность.....	95
8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	97
8.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	98

Заключение .....	101
Список использованных источников .....	102
Приложение .....	103



## Введение

Энергетикой называется совокупность установок и устройств для преобразования энергетических ресурсов в различные виды энергии, которые необходимы для использования, как в народном хозяйстве, так и для населения. Передача образуемой энергии от устройств ее производства до объектов потребления.

Из большинства видов образуемой энергии, самое частое использование приходится всего на два вида: электрическая и тепловая энергия низкого и среднего потенциалов (Низкопотенциальный – потребление тепла, удовлетворяемое теплоносителем с температурой 150 °С. Средний потенциал – теплоноситель с температурой от 150 до 350 °С.), на образование которых тратится в наше время больше 55% всех топливных и энергетических ресурсов нашей страны. Основным ресурсом для образования тепловой и электрической энергии в нашей стране является органическое топливо: уголь, природный газ, мазут.

Теплоэнергетика страны в наибольшей степени развивается благодаря непрерывному процессу совокупности тепловых нагрузок в промышленных районах и городах. Для эффективного использования энергоснабжения огромное значение имеет теплофикация, которая представляет собой наиболее эффективное образование тепловой и электрической энергии и главным путем уменьшения расхода топливных ресурсов для выработки указанных видов энергии.

## 1. Теплофикация и централизованное теплоснабжение

Сущность теплофикации – совместная выработка тепловой и электрической энергии в одной установке. Основой теплофикации является полезное использование отработавшей теплоты, которая отводится из цикла. В совместной выработке заключается главное различие теплофикации от раздельного энергоснабжения, в которых электричество вырабатывается на КЭС, а тепло в котельных.

Основной эффект теплофикации состоит в замене тепла, образованной при раздельном энергоснабжении в котельных, отработанной теплотой, которая была отведена из теплосилового цикла, с помощью которой на ТЭС можно избавиться от неэффективного отвода тепла в окружающую среду.

Совместное производство тепловой и электрической энергии может быть реализовано на установках электро-мощностью, которые измеряются сотнями МВт и тепловой мощностью измеряемой в сотни ГДж/с (Гкал/ч), а также мощностью в десятки (сотни) кВт и кДж/с (ккал/ч) соответственно. Широкий диапазон мощностей теплофикационных установок и систем связан с уровнем централизации теплоснабжения, который зависит от плотности тепловой нагрузки; на каком топливе работает установка; экологические требования, которые зависят от состояния воздушного бассейна; количества избытков тепла на промышленных предприятиях на данной местности и т.п. В России в период планового экономического регулирования в большей степени развивались крупные промышленные и городские теплофикационные системы, которые основывались на централизованном теплоснабжении промышленных узлов и городов. В следствии этого, при теплофикации в России было выполнено два главных принципа:

1. Совместное производство тепловой и электрической энергии, производимые на ТЭЦ;

2. Централизация теплоснабжения т.е. теплота от одного или нескольких источников, которые работают на тепловую сеть, передается к множеству тепловых потребителей.

Первый принцип совместного производства тепловой и электрической энергии был рассмотрен выше, второй – централизация теплоснабжения не входит в особенности теплофикации и может быть реализован не только от ТЭЦ, но и от разных тепловых источников, в которые входят районные и квартальные котельные, промышленные, котельные от мусоросжигающих предприятий и энергоустановок утилизирующих избытки теплоты в установках промышленных предприятий.

В централизованном теплоснабжении есть дополнительные потери энергии в тепловых сетях, но несмотря на это оно способно обеспечить экономию топлива с помощью:

1. Утилизации теплоты от технологических промышленных и мусоросжигающих установок;
2. Более высокого КПД районных и крупных промышленных котельных, а также котельных установок крупных ТЭЦ по сравнению с маленькими котельными, которые работают на многозольных и низкокалорийных видах твердого топлива;
3. Более правильной загрузки тепловых источников с разной эффективностью при том, что они работают на одну сеть.

Выбор качественного уровня централизации теплоснабжения, т.е. числа тепловых источников, для покрытия тепловой нагрузки района в наибольшей степени зависит от группы экономических и местных условий. С увеличением уровня централизации, т.е. уменьшением числа источников тепла, в большинстве случаев, увеличивается экономичность выработки теплоты и уменьшаются удельные первоначальные затраты и расходы по эксплуатации источников тепла, но также возрастают первоначальные расходы на

сооружение тепловых сетей и эксплуатационные затраты на распределение и транспорт теплоты. Централизация теплоснабжения улучшает благоустройство теплоснабжаемых районов, способствует уменьшению трудозатрат на обслуживание теплового хозяйства промышленности и городов, обеспечивает более легкое использование топлива низкого качества и сброс теплоты с промышленных предприятий.

При использовании централизованного теплоснабжения, от котельных без совместной выработки электрической энергии на основе теплового потребления общий расход топлива на удовлетворение электрического и теплового потребления выходит больше, чем при теплофикации. Именно поэтому теплофикация вместе с централизацией теплоснабжения является наиболее подходящим способом использования топливных ресурсов для электро- и теплоснабжения.

Благодаря экономическим, социальным и экологическим выигрышам централизованная теплофикация стала одним из главных направлений развития энергетики нашей страны. Развитие теплофикации способствует решению множества народнохозяйственных и социальных проблем, а именно: увеличение общей и тепловой экономичности энергопроизводства, обеспечение качественного и экономичного электро- и теплоснабжения промышленных и жилищно-коммунальных комплексов, уменьшение трудозатрат и тепловом хозяйстве, улучшение экологической обстановки в промышленных районах и городах. Отечественная теплофикация основывается на районных ТЭЦ общего пользования и на промышленных ТЭЦ в составе предприятий, от которых теплота отпускается промышленным предприятиям и городам поблизости, а также населенным пунктам. Для удовлетворения отопительно-вентиляционной и бытовой нагрузок общественных, жилых зданий и предприятий, в основном используется горячая вода. Использование горячей воды в виде теплоносителя позволяет использовать для теплоснабжения теплоту отработавшего пара низкого давления, что существенно увеличивает эффективность теплофикации

благодаря повышению удельной выработки электрической энергии, которая базируется на тепловом потреблении.

Тепловая экономичность ТЭЦ выходит на новый уровень при повышении начальных параметров пара, понижении пара в отборах турбин, использование многоступенчатого подогрева сетевой воды, повышению числа часов использования тепловой мощности отборов, ограничении некоторой доли выработки конденсационной электроэнергии на ТЭЦ.

Повышению показателей экономичности способствует укрупнение ТЭЦ, повышение единичной мощности турбинных и котельных агрегатов, блочная компоновка оборудования и использование дешевых паровых, водогрейных котлов низкого давления для покрытия кратковременных пиков технологической и тепловой нагрузки и резервирование теплоснабжения. В системах централизованного теплоснабжения использование паровых и водогрейных большой мощности на первых этапах развития теплофикационных систем дает в некоторых случаях выигрыш в капиталовложениях, позволяя с минимальными затратами на конструирование источников теплоты централизовать теплоснабжение до ввода в использование мощной ТЭЦ. После ввода в действие ТЭЦ эти котлы начинают использовать для покрытия пиковых тепловых нагрузок и резервирование теплоснабжения.

Увеличению эффективности теплофикационных систем способствует внедрение новых проектов ТЭЦ, которые предусматривают осуществление строительства за счет набора строительно-технологических секций с разными видами турбин и однотипными котлами, за счет чего позволяет на 5-10% снизить затраты на сооружение ТЭЦ и существенно уменьшить сроки их строительства.

## 2. Тепловое потребление

### 2.1 Классификация тепловых нагрузок

В СЦТ (системах централизованного теплоснабжения) теплота подается по тепловым сетям разным потребителям тепла. Несмотря на многообразие тепловой нагрузки, по характеру протекания во времени ее разбивают на две группы:

1. Сезонная
2. Круглогодичная

Перемены сезонной нагрузки главным образом зависят от климатических условий: солнечного излучения, скорости ветра и его направление, влажности воздуха, температуры наружного воздуха и т.п. Главную роль играет температура наружного воздуха. Сезонная нагрузка имеет постоянный суточный график нагрузки, а годовая нагрузка имеет переменный график нагрузки. К сезонной тепловой нагрузке относятся:

- Отопление
- Вентиляция
- Кондиционирование воздуха

Из указанных видов нагрузки ни один из них не имеет круглогодичного характера. Вентиляция и отопление являются тепловыми нагрузками в зимний период. Для кондиционирования воздуха летом нужен искусственный холод. Если этот холод образуется абсорбционным или эжекционным способом, то ТЭЦ, вследствие этого, получает дополнительную летнюю тепловую нагрузку, что положительно сказывается на эффективности теплофикации и повышает ее эффективность.

Круглогодичная нагрузка включает в себя горячее водоснабжение и технологическую нагрузку. Но есть и исключения, некоторые отрасли

промышленности, которые связаны с переработкой сельскохозяйственного сырья, где работа имеет сезонный характер.

График технологической нагрузки зависит от режима работы производственного предприятия и от их профиля. График нагрузки горячего водоснабжения зависит от благоустройства общественных и жилых зданий, состава населения и распорядка его рабочего дня, а также от режима работы коммунальных предприятий. Годовые графики нагрузки горячего водоснабжения и годовые графики технологической нагрузки в некоторой степени зависят от времени года. Как правило, летние нагрузки ниже зимних из-за более высокой температуры водопроводной воды, более высокой температуры перерабатываемого сырья, и благодаря меньшим тепловым потерям в производственных трубопроводах и теплопроводах.

При разработке и проектировании режима эксплуатации систем централизованного теплоснабжения одна из первоочередных задач заключается в определении характера и значений тепловых нагрузок.

В случае, когда при проектировании установок централизованного теплоснабжения нет информации о расчетных расходах теплоты, которые основаны на проектах абонентов теплопотребляющих установок, расчет тепловой нагрузки основывается на укрупненных показателях. В течении эксплуатации значения расчетных тепловых нагрузок уточняют по реальным расходам. Со временем это дает возможность сделать проверенную тепловую характеристику для всех потребителей.

## **2.2 Сезонная нагрузка**

Главная задача отопления состоит в том, чтобы поддерживать внутреннюю температуру помещения на определенном уровне. Для этого нужно сохранять равновесие между теплопритоком и тепловыми потерями

здания. Условие теплового равновесия здания можно выразить в виде равенства:

$$Q = Q_T + Q_{II} = Q_O + Q_{ТВ} ,$$

где  $Q$  - значение суммарных тепловых потерь здания;  $Q_T$  - значение тепловых потерь вследствие теплопередачи через наружные ограждения;  $Q_{II}$  - тепловые потери инфильтрацией вследствие поступлений холодного воздуха в помещение через неплотности конструкции наружных ограждений;  $Q_O$  - значение подвода тепла в здание через систему отопления;  $Q_{ТВ}$  - внутренние выделения тепла.

В большей степени потери тепла в здании зависят от первого слагаемого  $Q_T$ . Значит, чтобы найти тепловые потери здания для удобства расчета можно записать в виде:  $Q = Q_T(1 + \mu)$ , здесь  $\mu = Q_{II} / Q_T$  - коэффициент инфильтрации. Данный коэффициент представляет собой отношение тепловых потерь инфильтрацией к тепловым потерям теплопередачей через наружные ограждения.

Источниками внутренних выделений тепла  $Q_{ТВ}$ , в жилых сооружениях обычно являются люди, приборы света, устройства для приготовления пищи такие как: газовые плиты, электрические плиты и др. Данные тепловыделения в основном имеют случайный характер, а значит, не поддаются регулированию во времени.

Кроме того, данные тепловыделения распространяются неравномерно по зданию. В тех помещениях, где большая плотность населения внутренние тепловыделения достаточно велики, в то время как в помещениях с малой плотностью они весьма малы.

Для того чтобы обеспечить нормальный температурный режим в жилых районах во всех отапливаемых помещениях стандартно устанавливают



температурный и гидравлический режим тепловой сети по еще более невыгодным условиям, то есть по режиму отопления различных помещений с нулевыми тепловыделениями ( $Q_{ТВ} = 0$ ).

Для контроля значительного повышения температуры внутри помещений, в которых внутренние тепловыделения весьма большие, нужно периодически снижать расход теплоносителя через отопительные приборы или выключать часть из них.

Решение этой задачи реализуется лишь при индивидуальном регулировании (автоматизации), то есть авторегуляторы установлены непосредственно на вентиляционных калориферах и нагревательных приборах.

Источником внутренних выделений тепла в промышленных зданиях – силовые и тепловые механизмы и установки (сушила, двигатели, печи и др.) различного устройства. Внутреннее выделение тепла промышленных предприятий достаточно устойчивы и довольно часто представляют большую часть расчетной отопительной нагрузки, а значит должны быть учтены при разработке режима теплоснабжения в промышленных районах.

## **2.3 Вентиляция**

Расход тепла на вентиляцию промышленных предприятий, культурных учреждений и общественных зданий составляет большую часть суммарного теплового потребления объекта. На промышленных предприятиях расход тепла на вентиляцию часто больше расхода на отопление.

Расход тепла на вентиляцию принимают по типовым проектам зданий или проектам местных систем вентиляции, а для работающих установок – по данным их эксплуатации.

Приблизительный подсчет расхода тепла на вентиляцию, Дж/с или ккал/ч, можно провести по формуле:

$$Q_B = mV_B c_B (t_{B,П} - t_H),$$

где  $Q_B$  - значение расхода тепла, затрачиваемое на вентиляцию;

$m$  - значение кратности обменной способности воздуха, 1/с или 1/ч;

$V_B$  - объем здания находящийся под вентиляцией, м<sup>3</sup>;

$c_B$  - объемная теплоемкость воздуха, равная 1,26 кДж/(м<sup>3</sup>К) = 0,3 ккал/(м<sup>3</sup> °С);

$t_{B,П}$  - температура нагретого воздуха, которая подается в помещение, °С;

$t_H$  - температура НВ (наружного воздуха), °С.

Для понижения расчетного расхода теплоты на вентиляцию минимальная наружная температура для расчета вентиляционных установок,  $t_{H,В}$ , принимается больше расчетной температуры на отопление  $t_{H,О}$ . По настоящим нормам для проектирования вентиляции температура наружного воздуха находится как средняя температура самого холодного периода, составляющего 15% продолжительности всего отопительного периода. В исключение входят только промышленные цехи с достаточно большим выделением вредностей, для них  $t_{H,В}$  принимают равной  $t_{H,О}$ .

Если температура наружного воздуха становится ниже  $t_{H,В}$ , то расход тепла на вентиляцию не должен заходить за пределы расчетного расхода. Этого можно достичь при помощи сокращения кратности обмена. Минимальная кратность обмена  $m_{\min}$  при наружной температуре  $t_{H,О}$  можно определить по формуле:

$$m_{\min} = m \frac{t_{B,П} - t_{H,В}}{t_{B,П} - t_{H,О}},$$

где  $m$  - расчетная кратность обмена воздуха.

Для регулирования кратности обмена воздуха, в данном диапазоне температур  $t_{н.в} \geq t_{н} \geq t_{н.о}$  вентилируемые установки должны эксплуатироваться вместе с авторегуляторами. Ручное регулирование очень сложно, несовершенно и, как правило, приводит к перерасходу теплоты.

## 2.4 Суммарная сезонная тепловая нагрузка

Отопительной нагрузке свойственен круглосуточный характер. Если не изменяется скорость ветра, облачность, наружная температура, то отопительная нагрузка жилых зданий обычно постоянна. Отопительная нагрузка промышленных предприятий и общественных зданий имеет изменяющийся суточный, а еще чаще и изменяющийся недельный график, когда для экономии тепла искусственно уменьшают подачу теплоты на отопление в нерабочие часы (ночью и в выходные дни).

Еще более сильно резко изменяется как в течении суток, так и по дням недели вентиляционная нагрузка, ведь в нерабочие часы учреждений и промышленных предприятий вентиляция, обычно, не работает.

Общий расход тепла на отопление и вентиляцию по району представляет собой сумму расходов отдельных потребителей. На рис. 1 показана зависимость расхода тепла на отопление и вентиляцию данного района от наружной температуры.

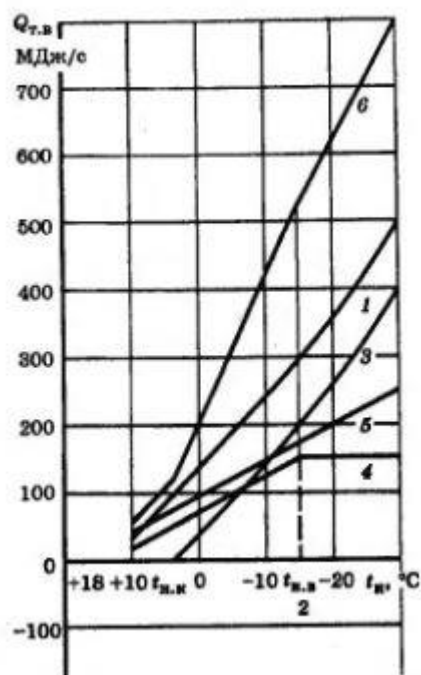


Рисунок 1. – Зависимость расхода теплоты на отопление и вентиляцию от наружной температуры [1].

Расчетные тепловые потери промышленных зданий (кривая 1) равны 500 МДж/с. Кривая 1 имеет вогнутый характер вследствие инфильтрации. Часть тепловых потерь промышленных зданий в размере 100 МДж/с восполняется внутренним выделением тепла (линия 2), следовательно, расчетный расход тепла на отопление промышленных сооружений меньше расчетных тепловых потерь этих зданий и равен 400 МДж/с (кривая 3). Именно поэтому отопление промышленных сооружений должно включаться в работу при наружной температуре  $t_{н.к} \leq +4^{\circ}\text{C}$ . Если наружная температура больше  $+4^{\circ}\text{C}$ , тогда тепловые потери промышленных сооружений восполняются внутренними тепловыми выделениями.

График расхода тепла на вентиляцию общественных и промышленных зданий имеет излом при расчетной наружной температуре вентиляции  $t_{н.в} = -15^{\circ}\text{C}$  (кривая 4). Расход тепла на отопление общественных и жилых зданий показан на графике линией 5. Суммарный график расхода тепла на вентиляцию и отопление по району (кривая 6) имеет две точки излома: первую

при температуре  $t_{H.B}$  (расчетная наружная температура для вентиляции), вторая – при температуре  $t_{H.K} = +4^{\circ}\text{C}$  (когда включено в работу отопление промышленных сооружений).

## 2.5 Круглогодичная нагрузка

Расход и параметры тепла для технологических потребностей зависят от общей организации работ, типа производственного оборудования, характера технологического процесса и т.д. Модернизация и грамотное использование технологического процесса способны вызвать коренные перемены в характере и размере тепловой нагрузки.

Для того чтобы экономично использовать топливно-энергетические ресурсы нужно модернизировать технологические процессы, отработавшую теплоту нужно максимально использовать для технологических целей, при теплоснабжении от ТЭЦ эффективно использовать теплоноситель более низкого потенциала.

В связи с быстрым темпом жилищного строительства резко выросла нагрузка горячего водоснабжения городов. Данная нагрузка в большинстве районов становится соразмерной отопительной нагрузке. Отпуск теплоты на горячее водоснабжение за год часто достигает 35 – 40% совместного расхода теплоты за год.

Горячее водоснабжение имеет неравномерный характер как в течение целого дня, так и в течении нескольких дней. Самая большая нагрузка горячего водоснабжения в жилых районах приходится на предвыходные дни (при 5-дневной рабочей недели в первый выходной день – субботу).

Средний недельный расход тепла, Дж/с, для бытового горячего водоснабжения общественных, отдельных жилых, промышленных зданий или их групп можно определить по следующей формуле:

$$Q_G^{cp.n} = \frac{1,2m(a+b)(55-t_x)c_p^{cp}}{n_c}$$

где  $a$  - значение нормы расхода на одного человека горячей воды в сутки при температуре  $t_G = 55^\circ\text{C}$ , кг (л);  $b$  - значение расхода для общественных зданий горячей воды с температурой  $t_G = 55^\circ\text{C}$ , кг (л), относящемуся к жителю данного района; при отсутствии достоверной информации рекомендуется принять в сутки на одного жителя  $b = 25$  кг (л);  $m$  - население;  $c_p^{cp} = 4190$  Дж/(кгК) – теплоемкость воды;  $t_x$  - температура ХВ (холодной воды),  $^\circ\text{C}$ ; при отсутствии данных о температуре водопроводной воды (холодной), то в период отопления ее принимают  $15^\circ\text{C}$ ;  $n_c$  - расчетное значение длительности подачи теплоты на ГВ (горячее водоснабжение), с/сут; если подача годовая  $n_c = 86400$  с; 1,2 – коэффициент, учитывающий такое явление как выстывание в абонентских системах горячего водоснабжения горячей воды.

Температура горячей воды в местах водоразбора обязана поддерживаться в следующих пределах:

1. В открытых системах теплоснабжения и в системах местного горячего водоснабжения не меньше  $55$ , но и не больше  $80^\circ\text{C}$ ;
2. В закрытых системах теплоснабжения не меньше  $50$ , но и не больше  $75^\circ\text{C}$ .



Рисунок 2. – Суточный график расхода горячей воды в жилом доме [1].

Если используется другая температура  $t_{Г}$ , то норму ее расхода можно определить из условия подачи абонентам нормированного количества тепла по формуле:

$$a_i = a \frac{55 - t_x}{t_{Г} - t_x}.$$

При нахождении расчетной тепловой нагрузки горячего водоснабжения района централизованного теплоснабжения нужно учесть нагрузку горячего водоснабжения всех сооружений, даже тех, которые не имеют централизованной системы горячего водоснабжения или тех, которые оборудованы газовыми колонками.

Нагрузка горячего водоснабжения жилых сооружений в рабочие дни имеет пик нагрузки в утренние и вечерние часы, провалы в дневные и ночные часы. В домах с ваннами максимальная нагрузка горячего водоснабжения превышает среднесуточную примерно в 2 – 3 раза. В дни отдыха суточный график горячего водоснабжения демонстрирует более равномерное заполнение. Для наглядного примера на рисунке 2 изображен суточный график расхода горячей воды жилого дома.

Суточный график горячего водоснабжения района (рис. 3) имеет еще более равномерный характер вследствие совместного сглаживания неравномерностей графиков сооружений по отдельности.



Рисунок 3. – График горячего водоснабжения жилого района (суточный) [1].

Значение максимально-часового расхода теплоты на бытовое горячее водоснабжение, Дж/с или ккал/ч, получается, равно среднему часовому расходу тепла за сутки максимального водопотребления, который умножен на коэффициент суточной неравномерности:

$$Q_G^P = \chi_n \chi_c Q_G^{cp.n},$$

где  $\chi_c$  - коэффициент неравномерности расхода тепла в сутки максимального водопотребления. При приближительных расчетах рекомендуется принимать для населенных пунктов и городов  $\chi_c = 1,7-2$ , а для предприятий в сфере промышленности  $\chi_c = 1$ .

## 2.6 Годовой расход теплоты

Для того чтобы найти расход топлива, разработать режим эксплуатации оборудования и график ремонта данного оборудования нужно знать годовой расход теплоты на теплоснабжение и его распределение данной теплоты по



сезонам или по месяцам. Годовой расход тепла потребителями можно определить по формуле:

$$Q^{zod} = Q_o^{zod} + Q_B^{zod} + Q_{\Gamma}^{zod} + Q_T^{zod},$$

где  $Q_o^{zod}, Q_B^{zod}, Q_{\Gamma}^{zod}, Q_T^{zod}$  - значение годовых расходов теплоты на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, технологические нужды.

Расходы тепла за год для отдельных видов теплового потребления можно рассчитать по следующим формулам:

1. Расход тепла за год на отопление:

$$Q_o^{zod} = Q_o^{cp} ((n_o - n_{\partial}) + n \frac{t_{\partial} - t_n^{cp.o}}{t_{\partial} - t_n^{cp.o}}),$$

где  $Q_o^{cp}$  - значение среднего расхода теплоты за период отопления, Дж/с или ккал/ч;  $n_o$  - значение продолжительности работы системы отопления, с/год или ч/год;  $n_{\partial}$  - значение продолжительности периода отопления для общественных и жилых сооружений;  $n_{\partial}$  - значение продолжительности работы дежурного отопления, с/год или ч/год;  $t_{\partial}$  - значение температуры внутреннего воздуха если работает дежурное отопление, °С.

Средний расход тепла за период отопления находится по формуле:

$$Q_o^{cp} = Q_o' \frac{t_{\partial.p} - t_n^{cp.o}}{t_{\partial.p} - t_{n.o}}.$$

Для общественных и жилых сооружений  $Q_o' = Q'$ , где  $Q'$  - расчетные тепловые потери сооружения при наружной температуре  $t_{n.o}$ .

Для промышленных сооружений  $Q_o' = Q' - Q_{T.B}$ , где  $Q_{T.B}$  - внутренние тепловые выделения.

$t_n^{cp.o}$  - значение средней температуры периода отопления для общественных и жилых сооружений;  $t_n^{cp.o}$  - значение средней температуры наружного воздуха за время работы отопления для промышленных сооружений.

В разный интервал периода отопления среднюю температуру наружного воздуха можно определить по формуле:

$$t_n^{cp.o} = \frac{n_1 t_{n1}^{cp} + n_2 t_{n2}^{cp} + \dots + n_m t_{nm}^{cp}}{n + n + \dots + n_m}.$$

Для общественных и жилых сооружений  $n_o = 0$ .

## 2. Расход тепла за год на вентиляцию:

$$Q_o^{zod} = Q'_6 \left( n_6 + \frac{t_{6.p} - t_n^{cp.6}}{t_{6.p} - t_{н.6}} (n_o - n_6) \right) \left( 1 - \frac{n_o^6}{n_o} \right),$$

где  $Q'_6$  - значение расчетного расхода тепла затрачиваемого на вентиляцию, Дж/с или ккал/ч;  $n_6$  - значение продолжительности периода отопления с температурой наружного воздуха  $t_n \leq t_{н.6}$ , с/год или ч/год (при  $t_{н.6} = t_{н.o} n_6 = 0$ );  $n_o^6$  - значение продолжительности периода отопления, если не работает вентиляция, с/год или ч/год;  $t_n^{cp.6}$  - значение средней температуры наружного воздуха за промежуток времени от начала периода отопления  $t_n = t_{н.к}$  до  $t_n = t_{н.6}$ .

## 3. Расход тепла за год на горячее водоснабжение:

$$Q_G^{zod} = Q_G^{cp.n} \left( n_o + \beta \frac{t_G - t_{X.л}}{t_G - t_{X.3}} (n_G - n_o) \right),$$

где  $Q_G^{cp.n}$  - средний недельный расход тепла на горячее водоснабжение, Дж/с или ккал/ч;  $n_G$ ,  $n_o$  - продолжительность работы системы горячего водоснабжения и длительность отопительного периода, с/год или ч/год;  $\beta$  - коэффициент, который учитывает изменение среднего недельного расхода воды на горячее водоснабжение в неотапливаемый период по отношению к отапливаемому

периоду; если нет более точных данных, то рекомендуется принимать:  $\beta = 0,8$  для сектора жилищно-коммунальных районов, кроме курортов и южных городов;  $\beta = 1,5$  для курортов и южных городов;  $\beta = 1$  для промышленных предприятий.

Расход за год тепла на технологические нужды можно определить на основе годового графика теплового использования. Приблизительный график расхода тепла по месяцам изображен на рисунке 4.

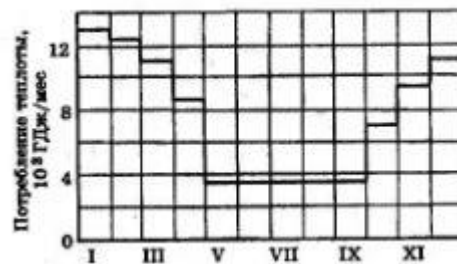


Рисунок 4. – Примерный график расхода теплоты по месяцам года [1].

При построении данного графика расход тепла на вентиляцию и отопление можно определить по средним месячным температурам.

## 2.7 График продолжительности тепловых нагрузок

Для того чтобы установить экономичный режим работы теплофикационных установок, для выбора наиболее выгодных параметров теплоносителя, а также для различных технико-экономических и плановых исследований нужно знать продолжительность эксплуатации системы теплоснабжения при разных режимах работы в течение всего года. Именно для этой цели и строят графики продолжительности тепловой нагрузки (графики Россандера).

Способ построения графика продолжительности сезонной тепловой нагрузки изображен на рисунке 5.

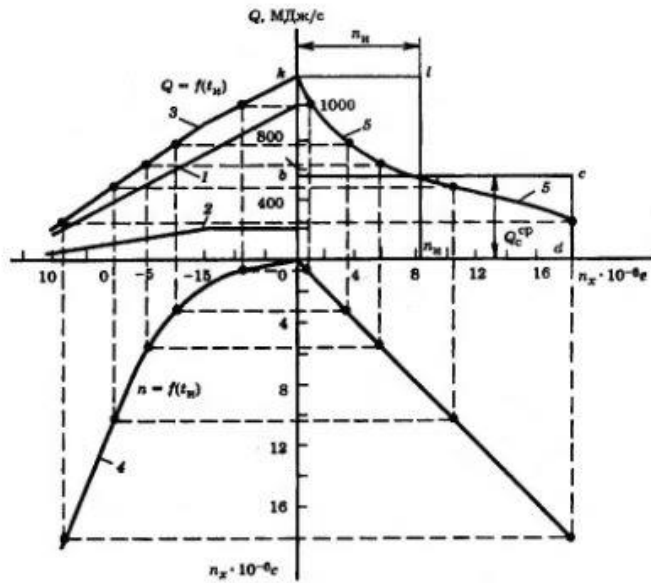


Рисунок 5. – Пример построения графика длительности сезонной тепловой нагрузки [1].

Построение ведется в четырех квадрантах. В левом верхнем квадранте построен график зависимости от наружной температуры  $t_n$ , вентиляции  $Q_B$ , тепловой нагрузки отопления  $Q_o$  и общей сезонной нагрузки  $(Q_o + Q_B)$ . Далее, в нижнем левом квадранте изображена кривая продолжительности стояния  $n$  в течение периода отопления наружных температур  $t_n$ , температурам которые равны данным или еще ниже их.

В нижнем правом квадранте изображена прямая линия с углом наклона  $45^\circ$  как к вертикальной, так и горизонтальной оси. Данная прямая линия используется для переноса значений шкалы  $n$  из нижнего левого квадранта в верхний правый квадрант. График длительности ТН (тепловой нагрузки) 5 делается для разных значений наружных температур  $t_n$  по точкам пересечения штриховых линий, которые определяют длительность стояния нагрузок и тепловую нагрузку, которые в свою очередь больше или равны данной.

Продолжительность тепловой нагрузки (площадь под кривой 5) равна расходу тепла на вентиляцию и отопление за период отопление  $Q_c^{зод}$ . Если для

графика 5 построить по оси абсцисс равновеликий прямоугольник  $ObcdO$  площадью, которая равна площади под графиком продолжительности, то высота этого прямоугольника будет равна среднему расходу тепла за отопительный период:

$$Q_c^{cp} = Q_c^{zod} / n_o,$$

где  $n_o$  - продолжительность сезона отопления, с/год или ч/год.

Если на графике 5, который показывает продолжительность тепловой нагрузки, на оси ординат построить прямоугольник (равновеликий)  $Oklno$ , равный площади под графиком продолжительности ТН, то основание данного прямоугольника будет равно продолжительности использования значения расчетной сезонной тепловой нагрузки за определенный отопительный период:

$$n_u = Q_c^{zod} / Q_c',$$

где  $Q_c' = Q_o' + Q_B'$ .

### **3. Системы теплоснабжения**

#### **3.1 Классификация систем теплоснабжения**

Главное назначение всех систем теплоснабжения состоит в том, чтобы обеспечить потребителей достаточным количеством тепла требуемого качества (то есть теплоносителем требуемых параметров).

В зависимости от того где располагается источник тепла по отношению к потребителю системы теплоснабжения делятся на децентрализованные и централизованные.

В децентрализованных системах теплоснабжения источник тепла и тепловые приемники потребителей совмещены в одной установке или размещены так близко, что передача тепла от источника до тепловых приемников может быть реализована практически без тепловой сети.

Данные системы делятся на два типа:

1. Индивидуальные
2. Местные

В системах теплоснабжения первого типа каждое помещение (квартира, участок цеха, комната) снабжается от отдельного источника. К данным системам относятся поквартирное и печное отопление. В системах теплоснабжения местного типа каждое сооружение снабжается от отдельного источника теплоты, стандартно от индивидуальной или местной котельной. В частности к этой системе относится центральное отопление сооружений.

В системах централизованного теплоснабжения источник тепла и тепловые приемники потребителей расположены отдельно, чаще всего на большом расстоянии, вследствие этого теплота от источника тепла передается до потребителя с помощью тепловых сетей.

В зависимости от степени централизации, данные системы централизованного теплоснабжения можно разделить на следующие группы:

1. Групповое – теплоснабжение от единственного источника для группы зданий;
2. Районное – теплоснабжение единственного источника для нескольких групп зданий (района);
3. Городское – теплоснабжение от единственного источника нескольких районов;
4. Межгородское – теплоснабжение от единственного источника нескольких городов.

Процесс централизованного теплоснабжения включает в себя три последовательные операции:

1. Подготовка теплоносителя;
2. Транспортировка теплоносителя;
3. Использование теплоносителя.

Теплоноситель подготавливают в специальных теплоподготовительных установках на ТЭЦ, а также в районных, групповых, городских или промышленных котельных.

Транспортировка теплоносителя происходит по тепловым сетям. Теплоноситель используется в тепловых приемниках потребителей. Совокупность установок для подготовки, транспортировки и использования теплоносителя, образует систему централизованного теплоснабжения. Для транспорта теплоты применяются, обычно, два теплоносителя: водяной пар и вода. Для того чтобы удовлетворить сезонную нагрузку и нагрузку горячего водоснабжения в качестве теплоносителя обычно используется вода, а для промышленной технологической нагрузки – пар.

Чтобы передать теплоту на большие расстояния, которые измеряются многими десятками или даже сотнями километров (100 – 150 километров и более), можно использовать системы транспорта теплоты в химически связанном состоянии.

### **3.2 Водяные системы**

Данные системы теплоснабжения используются двух типов: открытые (разомкнутые) и закрытые (замкнутые). Сетевую воду в закрытых системах, которая циркулирует в тепловой сети, применяют только как тепловой носитель и из сети она не отбирается.

Сетевая вода в открытых системах частично (полностью очень редко) разбирается у абонентов для горячего водоснабжения.

В зависимости от числа трубопроводов, которые используются для теплоснабжения данной группы потребителей, эти системы делятся на одно-, двух-, трех- и многотрубные. Для открытой системы минимальное число трубопроводов – один, а для закрытой – два.

Самой простой и в то же время перспективной для транспортировки на большие расстояния является однетрубная бессливная система теплового снабжения. Данную систему можно применять, когда обеспечивается равенство расходов сетевой воды, требуемых для обеспечения горячего водоснабжения и для отопительно-вентиляционной нагрузки абонентов данного района или города.

В большинстве случаев для теплоснабжения городов применяют двухтрубные водяные системы, в которых тепловая сеть состоит из двух трубопроводов: обратного и подающего. Горячая вода по подающему



трубопроводу подается от станции к абонентам, а охлажденная вода по обратному трубопроводу возвращается на станцию.

В городах преимущественное применение двухтрубных систем можно объяснить тем, что эти системы в сравнении с многотрубными требуют меньших начальных вложений и более дешевы в эксплуатации. Когда всем потребителям района требуется теплота одного потенциала, в этом случае также используют двухтрубную систему. Данные условия обычно имеют место в городах, где вся тепловая нагрузка может быть удовлетворена в большинстве случаев теплотой низкого потенциала.

В промышленных районах, в которых имеется технологическая тепловая нагрузка повышенного потенциала, можно применять трехтрубные системы, в них два трубопровода используются как подающие, а третий трубопровод является обратным. К каждому подающему трубопроводу присоединяются однородные по режиму и потенциалу тепловые нагрузки. В промышленных районах стандартно к одному подающему трубопроводу присоединяются вентиляционные и отопительные установки (сезонная нагрузка), а к другому – установки горячего водоснабжения и технологические установки. Если использовать такое решение, то метод регулирования отпуска тепла от ТЭЦ заметно упрощается.

### **3.2.1 Закрытые системы**

В закрытой системе число параллельных трубопроводов должно быть не менее двух, так как после отдачи тепла в абонентских установках теплоноситель нужно вернуть на станцию. На рисунке 6 изображена закрытая двухтрубная водяная система. В тепловой сети по подающему трубопроводу I вода поступает в абонентские установки, а охлажденная вода возвращается на ТЭЦ по обратному трубопроводу II.

В зависимости от того, какой характер имеют тепловые нагрузки абонента, и какой режим работы тепловой сети выбираются схемы присоединения абонентских установок к тепловой сети. Разные схемы присоединения абонентов к водяной тепловой сети изображены на рисунке 6. На схемах *a – г* изображено присоединение отопительных установок, на схемах *д, е* – показано присоединение установок горячего водоснабжения, а на схемах *ж – м* изображены совместные присоединения в одном узле данной установки горячего водоснабжения и отопительной установки, на схеме *н* – совместное присоединение вентиляции и отопительной установки.

Данные устройства, которые обслуживают отдельные сооружения, называются абонентскими вводами, местными тепловыми пунктами или местными тепловыми подстанциями (МТП).

Для того чтобы обозначить различные схемы присоединения установок горячего водоснабжения, вентиляционных и отопительных установок к тепловой сети примем следующую индексацию:

О – отопительные установки: З – зависимая схема; ЗСС – зависимая со струйным смешением; ЗНС – зависимая с насосным смешением; Н – независимая.

Г – установки горячего водоснабжения: П – параллельная; ПР – предвключенная; ДС – двухступенчатая смешанная; ДП – двухступенчатая последовательная; НВ – непосредственный водоразбор.

Аккумулятор горячей воды: верхняя установка (АВ), нижняя установка (АН);

В – вентиляционные установки.

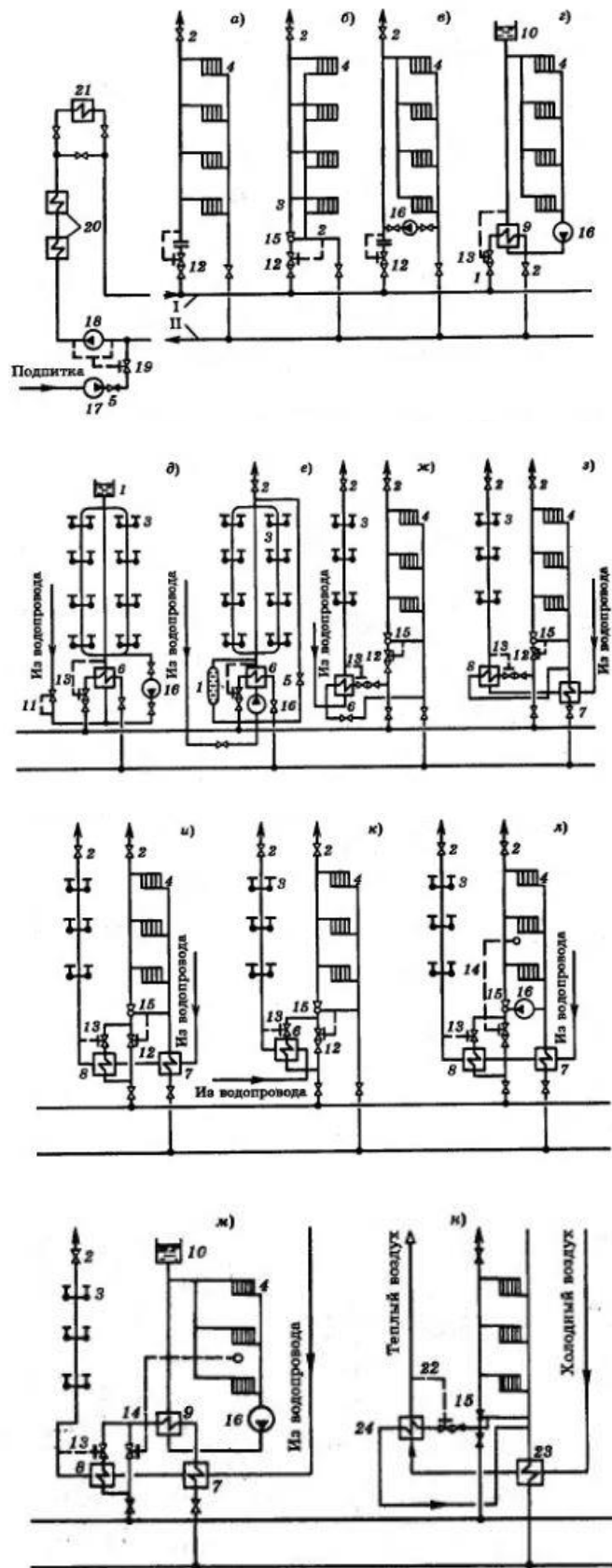


Рисунок 6. – Закрытая двухтрубная водяная система теплоснабжения [1].

Схемы способов присоединений: *a* – О(З); *б* – О(ЗСС); *в* – О(ЗНС); *г* – О(Н); *д* – Г(АВ); *е* – Г(АН); *ж* – О(ЗСС) Г(П); *з* – О(ЗСС) Г(ДС); *и* – О(ЗСС) Г(ДП); *к* – О(ЗСС) Г(ПР); *л* – О(ЗССНС) Г(ДП); *м* – О(Н) Г(ДП); *н* – О(ЗСС) В(ДС); *1* – аккумулятор ГВ; *2* – воздушный кран; *3* – водоразборный кран; *4* – нагревательный прибор; *5* – обратный клапан; *6* – одноступенчатый подогреватель горячего водоснабжения; *7, 8* – нижняя и верхняя ступень подогревателей горячего водоснабжения; *9* – подогреватель отопительный; *10* – расширительный сосуд; *11* – регулятор давления; *12* – расходный регулятор; *13* – температурный регулятор воды; *14* – отопительный регулятор; *15* – элеватор; *16* – насос; *17* – подпиточный насос; *18* – сетевой насос; *19* – подпиточный регулятор; *20* – подогреватели сетевой воды; *21* – пиковый котел; *22* – температурный регулятор воздуха; *23, 24* – нижняя и верхняя ступень воздушных калориферов.

Широкое применение в крупных системах централизованного теплоснабжения получили групповые тепловые подстанции (ГТП). В данных подстанциях происходит присоединение теплопотребляющих установок группы жилых и общественных сооружений микрорайона к тепловой сети.

Стандартно групповые тепловые подстанции в отдельных зданиях на небольшом расстоянии от обслуживаемых сооружений микрорайона или квартала с целью их изолирования от вибраций и шума, которые создаются насосными установками. В групповых тепловых подстанциях обычно устанавливаются: при независимой схеме подогреватели отопления, блок подогревателей горячего водоснабжения, подкачивающие насосы холодной водопроводной и если понадобится сетевой воды, групповая смесительная установка, контрольно-измерительные и авторегулирующие приборы.

Применение групповых тепловых подстанций позволяет упростить эксплуатацию за счет уменьшения количества узлов обслуживания, и позволяют повысить комфорт в теплоснабжаемых сооружениях за счет выноса всех насосных установок, которые и являются источником шума, в специальные изолированные помещения.

При использовании групповых тепловых подстанций, с одной стороны, становятся меньше начальные затраты на конструирование подогревательной установки горячего водоснабжения, авторегулирующих и насосных установок с помощью повышения их единичной мощности и уменьшению числа оборудования, с другой стороны растут начальные вложения на эксплуатацию и сооружение распределительной сети между групповыми тепловыми подстанциями и отдельными зданиями, так как вместо двухтрубной сети нужно соорудить на этих участках четырехтрубную или трехтрубную сеть, что в свою очередь увеличит потери тепла и воды в системе горячего водоснабжения.

На практике нашли свое применение две принципиально разные схемы присоединения тепловых потребляющих установок абонентов к тепловой сети – независимая и зависимая. В зависимой схеме присоединения вода из тепловой сети поступает непосредственно в устройства абонентской установки. В независимой схеме вода из тепловой сети проходит через теплообменник, в котором нагревает вторичный теплоноситель, который используется в абонентской установке.

На рисунке 6 отопительные установки *a – в*, *ж – л* и *н* присоединяются к тепловой сети по зависимой схеме. Установки *г* и *м* присоединяются по независимой.

Установки горячего водоснабжения, в системах теплоснабжения закрытого типа, присоединяются к тепловой сети при помощи водо-водяных подогревателей, то есть с помощью независимой схемы присоединения. Для зависимых схем присоединения характерно то, что давление в установке абонента напрямую зависит от давления тепловой сети. В независимых схемах присоединения давление в местной системе не зависит от давления тепловой сети.

Основной недостаток зависимой схемы присоединения это жесткая гидравлическая связь тепловой сети с нагревательными приборами абонентских

установок, которые имеют низкую механическую прочность, что ограничивает пределы допускаемых режимов работы системы централизованного теплоснабжения. Так как в отопительной технике широко применяющиеся чугунные нагревательные приборы имеют допустимое давление не более 0,6 МПа, то превышение данного предела может привести к авариям в отопительных установках. Это существенно уменьшает надежность и усложняет использование систем теплоснабжения крупных городов, так как при огромной протяженности тепловых сетей и большом числе присоединенных абонентских установок с разнородной тепловой нагрузкой расходы воды в сети и связанные с ними потери давления могут изменяться в очень большом диапазоне. При этом уровень давлений в сети способен превысить допустимый предел для абонентских установок.

Водопроводная вода в закрытой системе теплоснабжения, которая поступает в установки горячего водоснабжения, не имеет прямого контакта с сетевой водой, так как на групповых тепловых подстанциях и абонентских вводах в поверхностных водо-водяных подогревателях происходит подогрев водопроводной воды. Одно из главных преимуществ закрытых систем это гидравлическая изолированность водопроводной воды, которая поступает в установки горячего водоснабжения, от циркулирующей воды в тепловой сети. Благодаря данной гидравлической изолированности сетевой воды от водопроводной обеспечивается стабильное качество горячей воды, которая поступает в установки горячего водоснабжения, аналогичное качеству водопроводной воды. Так же прост санитарный контроль системы горячего водоснабжения благодаря короткому пути, который проходит водопроводная вода от ввода в сооружение до водоразборного крана. Контроль над герметичностью теплофикационной системы, который проводится по расходу подпитки, так же очень прост.

Главные недостатки закрытых систем:

1. Если использовать водопроводную воду, которая имеет высокую карбонатную жесткость ( $J_k \geq 7$  мг-экв/л), то образуется накипь в трубопроводах местных установок горячего водоснабжения и в водяных подогревателях;
2. Вследствие поступления в них недеаэрированной водопроводной воды происходит такое явление как коррозия местных установок горячего водоснабжения;
3. Из-за установки водо-водяных подогревателей возникает сложность, как его эксплуатации абонентских вводов горячего водоснабжения, так и самого оборудования.

Чрезвычайно интенсивная коррозия возникает при использовании мягких вод, которые имеют отрицательный индекс насыщения ( $J < 0$ ) и большое содержание растворенных агрессивных газов таких, как  $O_2$  и  $CO_2$ , а также при большой концентрации в данной воде сульфитов и хлоридов. В водах с высокой коррозионной активностью водородный показатель концентрации ионов  $pH \leq 7,2$ . Вследствие этого при определенном качестве водопроводной воды нужно при закрытых системах теплоснабжения использовать специальные меры для повышения антикоррозионной стойкости местных установок горячего водоснабжения или на абонентских вводах устанавливать специальные фильтры для стабилизации водопроводной воды или обескислороживания и для предотвращения зашламлений, что в свою очередь ведет за собой удорожание оборудования и усложняет эксплуатацию абонентских вводов.

### 3.2.2 Открытые системы

Двухтрубная система, изображенная на рисунке 7, является основным типом открытых систем теплоснабжения. Со станции горячая вода поступает к абонентам по трубопроводу I. По трубопроводу II обратная вода возвращается на станцию.

Установки отопления, изображенные на рисунке 7, (а – г), присоединяются к тепловой сети так же, как и в закрытых системах теплоснабжения.

Принципиально отличные схемы присоединения установок горячего водоснабжения изображены на рисунке 7, (д и е). Горячее водоснабжение потребителей производится сетевой водой, которая берется из тепловой сети. Из подающего трубопровода тепловой сети вода поступает через клапан температурного регулятора 13 в смеситель 22. Так же в данный смеситель поступает вода из обратного трубопровода тепловой сети через обратный клапан 5. Температурный регулятор, который регулирует расход воды из подающего трубопровода, в смесителе 22 поддерживает постоянную температуру смеси около 60°C. Далее из смесителя эта вода поступает в местную систему горячего водоснабжения. Препятствует перетеканию воды из подающего трубопровода в обратный – обратный клапан 5. С помощью аккумуляторов горячей воды выравнивают график нагрузки горячего водоснабжения. На рисунке 7, д – верхний аккумулятор, а на рисунке 7, е – нижний.

Верхний аккумулятор заряжается под напором воды в тепловой сети, а разряжается под статическим напором данной воды. Так же предусмотрено специальное автоматическое устройство для управления нижним аккумулятором. Нижний аккумулятор заряжается с помощью регулирующего клапана расхода 12, импульсом для которого является перепад давления на



дроссельной шайбе, которая установлена на главном стояке местной системы горячего водоснабжения.

Если водоразбор снижается, то на дрессельной шайбе уменьшается перепад, регулирующий клапан расхода открывается, и некоторая часть воды из главного стояка отводится в аккумулятор *1* и он заряжается. Если водоразбор становится больше, то регулирующий клапан расхода прикрывается. Аккумулятор при большом водоразборе переключается на зарядку. Именно поэтому в данном случае регулирующий клапан расхода полностью закрыт. Насос *16* с помощью устройства пуска включается в работу и вода из аккумулятора подается в систему горячего водоснабжения.

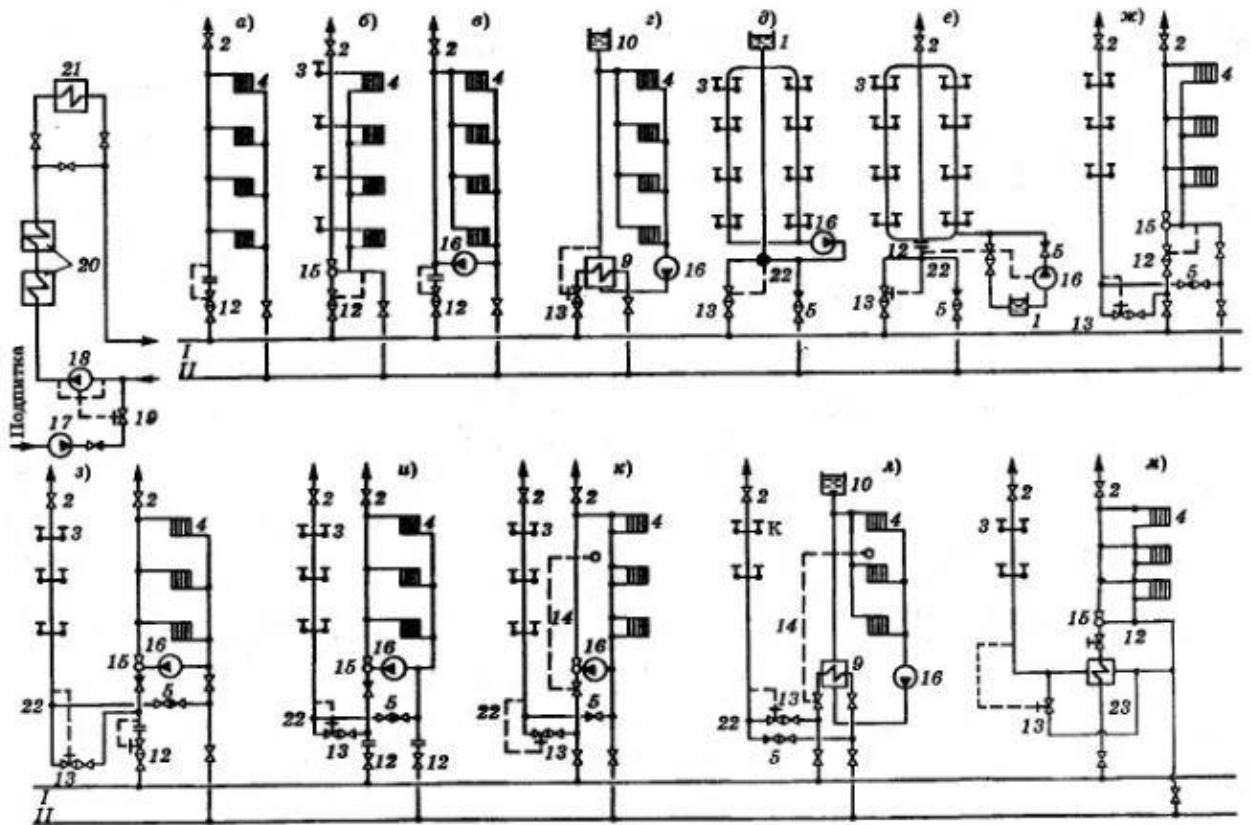


Рисунок 7. – Открытая двухтрубная водяная система теплоснабжения [1].

Схемы способов присоединений: *а* – O(З); *б* – O(ЗСС); *в* – O(ЗНС); *г* – O(Н); *д* – Г(АВ); *е* – Г(АН); *ж* – O(ЗСС) Г(НВ) регулирование несвязанное; *з* – O(ЗНС) Г(НВ) регулирование связанное; *и* – O(ЗНС) Г(НВ) гидравлическое сопротивление на вводе постоянное; *к* – O(ЗНС) Г(НВ) регулирование

несвязанное; *л* – О(Н) Г(НВ) регулирование несвязанное; *м* – О(ЗСС) регулирование связанное; 22 – смеситель; 23 – предвключенный подогреватель горячего водоснабжения; оставшиеся обозначения как на рисунке 6.

Жилые сооружения, которые имеют два вида тепловой нагрузки, а именно отопление и горячее водоснабжение, подключаются к тепловой сети как показано на рисунке 7(*ж* и *з*).

Главная особенность открытых систем теплоснабжения заключается в разборе сетевой воды из тепловой сети для горячего водоснабжения. В закрытых же системах, такая возможность использования данной сетевой воды ограничена, вследствие того, что расход на подпитку, для которой эта вода и применяется, стандартно не превышает 0,5 – 1% расхода циркулирующей воды.

Благодаря использованию отходящей теплоты от ТЭС, открытые системы снижают стоимость горячего водоснабжения и дают экономию топлива.

Главные преимущества открытых систем над закрытыми:

1. Способность использования низкопотенциальной отработавшей теплоты промышленных предприятий и электростанций для горячего водоснабжения;
2. Возможность упростить и сделать дешевле абонентские вводы и повысить срок службы местных установок горячего водоснабжения;
3. Для транспортировки теплоты можно использовать однотрубную систему.

Основные недостатки открытых систем:

1. Удорожание и усложнение системы водоподготовки;
2. Нестабильность воды, которая поступает в водоразбор при зависимой схеме присоединения и высокая окисляемость водопроводной воды;
3. Объем санитарного контроля над системами теплоснабжения увеличивается и усложняется;

4. Вследствие нестабильности гидравлического режима тепловой сети, которая напрямую связана с изменением расхода воды в обратной линии, усложняется эксплуатация;
5. Контроль за герметичностью системы усложняется, это связано с тем, что в данных системах теплоснабжения подпиточный расход не характеризует плотность системы.

### **3.3 Схемы подогрева сетевой воды на ТЭЦ**

Установка для подогрева сетевой воды на крупной ТЭЦ используется с двумя подогревателями СП<sub>1</sub> и СП<sub>2</sub>, которые питаются паром от 2 отборов турбины и ПВК (пиковый водогрейный котел рис. 8 а). Отдельный встроенный теплофикационный пучок (ТК) имеется в конденсаторе. В зимний период через данный пучок проходит подпиточная вода или сетевая вода, которая затем идет в тепловую сеть для восполнения утечек. Данная вода подогревается в теплофикационном пучке на несколько градусов и потом проходит в сетевые подогреватели. Если через ТК проходит подпиточная вода, то сетевая вода сразу направляется в сетевой подогреватель.

Если количества пара из отборов недостаточно, то включается ПВК для покрытия всей тепловой нагрузки. Циркуляционная вода, при включенном теплофикационном пучке, не подводится к ПВК и в холодном источнике турбина работает без потерь. Вакуум понижается. В летний период вода подогревается исключительно в сетевом подогревателе нижней ступени.

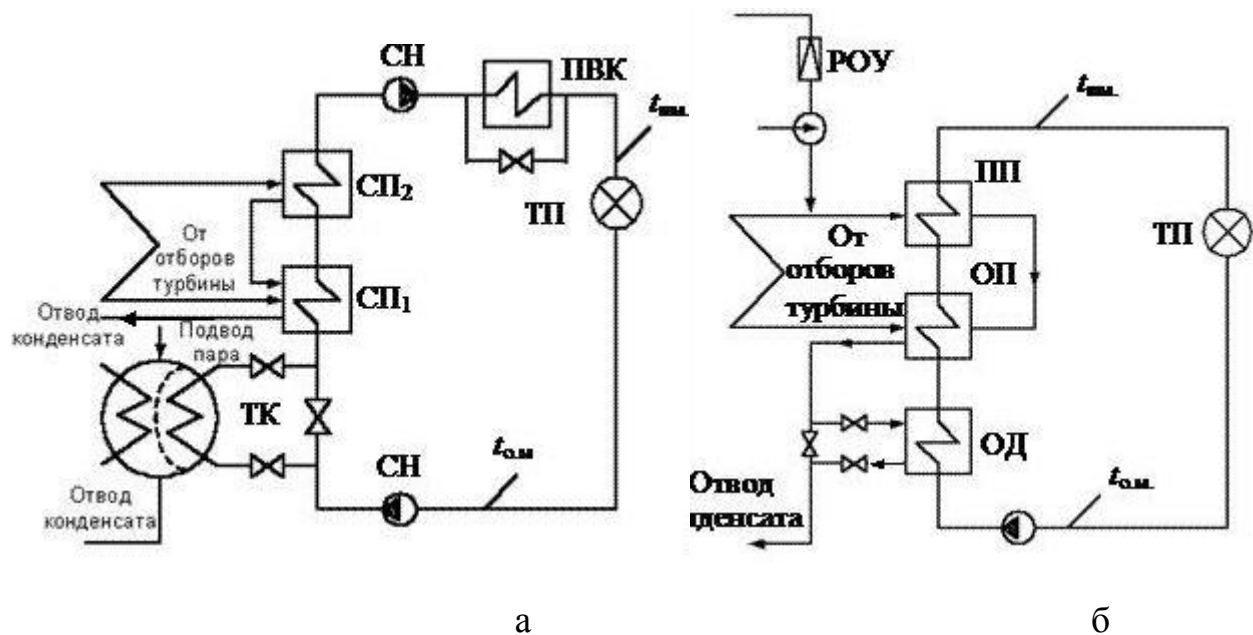


Рисунок 8. – Схема с двумя теплофикационными отборами и теплофикационным пучком в конденсаторе турбины для подогрева сетевой воды (а) и с одним отбором теплофикационным (б) [3].

В большинстве установок используется один теплофикационный отбор (рис. 8 б), от этого отбора пар ( $p = 0,12 \div 0,24$  МПа) идет к основному подогревателю ОП. В пиковом подогревателе паром через РОУ или с помощью промышленных отборов турбины производится дополнительный подогрев сетевой воды (при понижении  $t_{\text{н}}$ ), если это позволяет технологическая нагрузка.

На сетевых установках, которые питаются паром регулируемого отбора турбины среднего давления с атмосферным деаэратором 0,12 МПа, имеется охладитель дренажа. Давление в ОП (основной подогреватель) поднимается до 0,24 МПа, а температура дренажа поднимается до 125 °С при низкой температуре наружного воздуха. Тепловую экономичность ТЭЦ не изменяет охлаждение дренажа сетевой водой из-за того, что данный подогрев сетевой воды происходит в охладителе дренажа и поэтому расход пара на основной подогреватель будет меньше и при этом расход пара на деаэратор увеличится в

равной мере. Если в установках используется деаэратор с давлением 0,6 МПа и выше, то в охладителе дренажа нет надобности.

#### **4. Водоподготовка для тепловых сетей**

Для того чтобы обеспечить долговечную, надежную и безаварийную работу системы теплоснабжения обязательно нужна качественная подготовка сетевой и подпиточной воды. В открытых системах теплоснабжения, водоподготовка имеет очень важное значение, так как расход подпиточной воды очень большой вследствие восполнения утечек воды и расход на горячее водоснабжение.

Вода, которая используется для подпитки, не должна вызывать выделение шлама и образование накипи в трубопроводах, подогревателях и местных системах, а также коррозию металла.

Подпиточная вода в открытых системах должна соответствовать санитарным требованиям ГОСТ Р 51232-98 по всем показателям, за исключением температуры.

Подпиточная и сетевая вода согласно ПТЗ (правилам технической эксплуатации) должна соответствовать следующим нормам:

- Количество кислорода, которое должно содержаться в данной воде, не должно превышать 0,05 мг/л;
- Количество взвешенных частиц не должно превышать 5,0 мг/л;
- Если в системе присутствует пиковый водогрейный котел, то остаточная карбонатная жесткость не должна превышать 400 мкг-экв/л при нулевом содержании свободной углекислоты;
- Если в системе нет пиковых водогрейных котлов, то остаточная карбонатная жесткость не должна превышать 700 мкг-экв/л, а свободное содержание углекислоты не нормируется;

- Показатель рН в пределах 8,3 – 9,5 для закрытых систем теплоснабжения; 8,3 – 9,0 для открытых систем; верхний предел рН можно использовать только при глубоком умягчении воды, а нижний предел может использоваться с разрешения энергосистемы, которое зависит от коррозионной интенсивности в данной системе теплоснабжения. Верхний предел рН для закрытых систем можно поддерживать, на уровне 10,5 при этом одновременно уменьшать карбонатный индекс до значения  $0,1 \text{ (мг-экв/дм}^3)^2$ .

Более тщательная обработка подпиточной воды в системе с пиковым водогрейным котлом, где необходима вследствие высоких температур поверхностей нагрева котла в сравнении с пароводяным подогревателем.

Для того чтобы обеспечить нужное качество горячей воды в открытых системах теплоснабжения подаваемая абонентам, исходная вода, которая используется для приготовления подпиточной воды, обязана быть с низким показателем окисляемости 4 мг/л.

Для того чтобы удовлетворить нормы потребителей тепловой энергии вода, которая используется для подпитки тепловых сетей, обязана быть предварительно обработанной. Обработка подпиточной воды подразумевает удаление растворенных газов, таких как кислород  $O_2$  и диоксид углерода  $CO_2$ , которые являются основными коррозионными агентами, и создание условий в которых соли временной жесткости, если они присутствуют, не вызывали образования в системе шлама и накипи. Для подпитки должна применяться только деаэрированная (умягченная катионитным, содо-известковым и другим методом или природная) вода или вода в которой жесткость стабилизирована.

#### **4.1 Умягчение воды**

Для подпитки тепловых сетей уменьшение карбонатной (временной) жесткости воды, в основном, производится в катионитных фильтрах. Данные

фильтры заполнены катионными материалами такими как: леватит S-100; сильнокислотный катионит КУ-2-8; сульфуголь и др. Если же воды мягкие, то есть с содержанием карбонатной жесткости  $J_{\text{к}} \leq 1,0$  мг-эвк/л, то применяются простые методы обработки – термическая стабилизация, а затем фильтрация.

Принципиальная схема установки, состоящая из аккумулятора деаэрированной воды, атмосферного деаэратора и Н-катионитного фильтра, которая служит для обработки подпиточной воды, показана на рисунке 9.

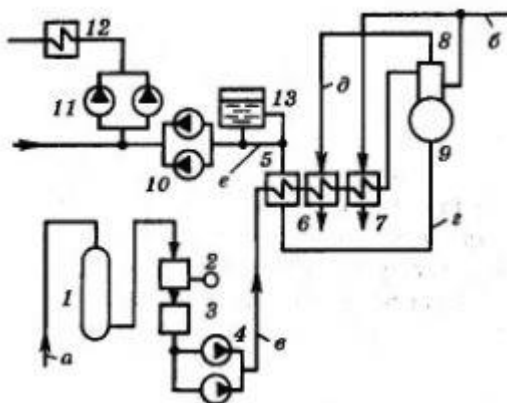


Рисунок 9. – Принципиальная схема для обработки подпиточной воды деаэрацией и Н-катионированием [1].

1 – катионитный фильтр; 2 – декарбонизатор; 3 – бак умягченной воды; 4 – насосы; 5 – охладитель деаэрированной воды; 6 – охладитель выпара; 7 – пароводяной подогреватель; 8 – деаэрационная головка; 9 – бак деаэрированной воды; 10 – подпиточные насосы; 11 – сетевые насосы; 12 – теплофикационный подогреватель; 13 – аккумулятор; трубопровод: *a* – сырая водопроводная вода; *б* – греющий пар; *в* – холодная умягченная вода; *г* – горячая деаэрированная вода; *д* – охлажденная деаэрированная вода; *е* – обработанная вода.

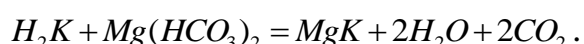
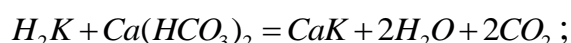
Через Н-катионитный фильтр 1 проходит водопроводная вода, далее она идет через декарбонизатор 2 и попадает в бак умягченной воды 3. Из этого бака данная вода забирается насосами 4 и проходит через охладитель деаэрированной воды (водо-водяной) 5, через охладитель выпара 6 и пароводяной подогреватель 7, далее в головку деаэратора 8. В результате деаэрированная вода попадает в бак 9, который установлен под деаэратором.



Этот бак соединяется с подпиточными насосами 10 и аккумулятором 13. При помощи аккумуляторов выравнивают график нагрузки, что в свою очередь позволяет снизить мощность, которая требуется для деаэрационной и водоподогревательной установок. Во время небольших расходов подпиточной воды, для открытых систем, при малой нагрузке горячего водоснабжения, часть обработанной воды из деаэратора поступает в аккумулятор. Во время большой нагрузки горячего водоснабжения данная вода поступает в подпиточные насосы 10 параллельно из аккумулятора и деаэратора.

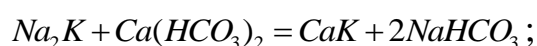
Когда исходная вода проходит через катионитные фильтры катионы магния и кальция, которые растворены в воде, составляют основу карбонатной жесткости, меняются на катионы H и Na. В завершении катионитовой обработки в данной воде остаются соли натрия, кислоты и щелочи, которые при нагревании не образуют осадок в виде накипи и шлама. В фильтре на зернах катионного вещества остаются магний и кальций, которые в последствие выводятся из фильтра с помощью регенерации.

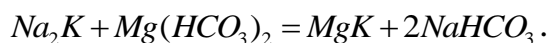
Обработка по H-катионированной схеме описывается данными формулами:



В данном методе H-катионирования в воде сильно растет содержание двуокиси углерода, который является катализатором коррозии. Для его снижения вода после H-катионитного фильтра проходит через декарбонизатор. H-катионитный фильтр регенерируют при помощи соляной или серной кислоты.

Обработка по Na-катионированной схеме описывается данными формулами:





Карбонат натрия  $NaHCO_3$ , который образовался в воде после фильтров распадается при высокой температуре выше  $150\text{ }^\circ\text{C}$  на диоксид углерода  $CO_2$  и гидроксид натрия  $NaOH$ , которые являются коррозионными агентами. В связи с этим Na-катионитную обработку воды обычно используют при отсутствии пиковых котлов в системе и подогреве сетевой воды в пароводяных подогревателях до температуры которая не превышает  $150\text{ }^\circ\text{C}$ . Фильтры регенерируют при помощи поваренной соли.

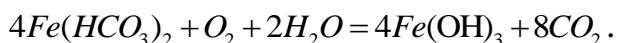
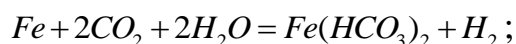
## 4.2 Деаэрация воды

Внутренняя коррозия оборудования и стальных трубопроводов образовывается из-за растворенных в воде газов: диоксидом углерода  $CO_2$ , кислородом  $O_2$ , сульфатами  $SO_4$  и хлоридами  $Cl$ .

Наиболее опасную коррозионную активность имеет кислород в присутствии углекислоты, которая в данном случае и является коррозионным катализатором.

Коррозионный коэффициент  $K$  характеризует коррозионную активность агента и представляет собой отношение массы металла, переведенного в продукт коррозии, к расходу коррозионного агента.

Если в воде присутствует растворенный кислород и диоксид углерода, то процесс коррозии железа можно описать следующими формулами:



В отсутствии растворенного кислорода коррозионная активность  $CO_2$  резко снижается.

Удаление из воды растворенных газов проходит при помощи основного метода – термической деаэрации. Максимальное количество газа, растворенного в воде, пропорционально парциальному давлению газов находящихся над водой. Закон Генри:

$$c_p = \psi p_i,$$

где  $c_p$  - максимальное количество газа растворенного в воде, мг/л (равновесная концентрация растворенного газа);  $p_i$  - парциальное давление данного газа находящегося над водой, Па;  $\psi$  - коэффициент массовой растворимости, мг/(л·Па). Данный коэффициент растворимости зависит от температуры воды.

Парциальное давление пара находящегося над водой, которое соответствует действительному количеству растворенного газа, называется равновесным давлением, которое равно:

$$p_p = c_d / \psi,$$

где  $c_d$  - массовое количество действительно растворенного газа в воде, мг/л.

Если равновесное давление ниже парциального ( $p_p < p_i$ ), то вода растворяет газ.

Если равновесное давление  $p_p > p_i$ , то газ выделяется из воды.

В зависимости от параметров греющей среды для обработки подпиточной воды тепловых сетей используют термические деаэратеры вакуумного или атмосферного типа.

## **5. Расход подпиточной воды для открытых и закрытых систем теплоснабжения**

Подпиточная установка для системы теплоснабжения должна обеспечить подачу в тепловую сеть воду соответствующую специальным требованиям и подпитку для аварийных случаев. Величина расхода подпиточной воды должна покрывать нормируемые (расчетные) потери в системе теплоснабжения. Нормируемые (расчетные) потери в системах теплоснабжения сетевой воды суммируются из расчетных потерь сетевой воды с нормативной утечкой из тепловой сети, системы теплоснабжения и расчетной технологической затраты (потери) сетевой воды.

Среднегодовые утечки теплоносителя из тепловой сети не должна превышать 0,25% среднего годового объема воды в тепловой сети и независимо от схемы присоединения (исключение лишь системы ГВС, которые присоединены через водяные подогреватели). Норма утечки теплоносителя (сезонная) должна быть в пределах среднего годового значения.

При плановом ремонте или подключении новых потребителей и участков тепловой сети, дезинфекции, промывке и проведении испытаний оборудования тепловых сетей и трубопроводов возникают технологические потери теплоносителя. Для восполнения данных потерь сетевой воды нужна дополнительная мощность установки для подготовки воды и соответствующего оборудования (больше 0,25% от объема тепловой сети), которая напрямую зависит от интенсивности заполнения трубопровода. Для лучшего удаления воздуха из трубопровода и для избегания гидравлических ударов при заполнении трубопроводов максимальный часовой расход воды  $G_M$  с условным диаметром  $D$ , не должен быть больше, чем значения, приведенные в таблице 1.

Таблица 1. – Максимальный часовой расход воды при заполнении трубопровода тепловой сети

$D_y$ , мм	$G_M$ , м <sup>3</sup> /ч
100	10
150	15
250	25
300	35
350	50
400	65
500	85
550	100
600	150
700	200
800	250
900	300
1000	350
1100	400
1200	500
1400	665

Следовательно, максимальный часовой расход подпиточной воды для закрытых систем теплоснабжения определяется:

$$G_3 = 0,0025V_{TC} + G_M,$$

где  $G_M$  - расход воды для заполнения наибольшего по диаметру участка ТС, который принимается по таблице 1;

$V_{ТС}$  - в системах теплоснабжения объем данной воды, м<sup>3</sup>.

Если же данных по фактическим объемам воды нет, то можно принять его для закрытой системы теплоснабжения 65 м<sup>3</sup> на 1 МВт расчетной тепловой нагрузки, а для открытой системы теплоснабжения 70 м<sup>3</sup> на 1 МВт расчетной тепловой нагрузки и для сетей ГВС 30 м<sup>3</sup> на 1 МВт средней нагрузки. Также для закрытых систем теплоснабжения на источниках теплоты мощностью от 100 МВт и более нужно устанавливать баки запаса деаэрированной и химически обработанной подпиточной воды, которые вмещают 3% от объема воды в системе теплоснабжения. Независимо от системы теплоснабжения нужно устанавливать не менее двух баков по 50% рабочего объема каждый из них.

Для выравнивания суточного графика расхода воды должны быть установлены баки-аккумуляторы деаэрированной и химически обработанной подпиточной воды для открытых систем теплоснабжения. В данных баках-аккумуляторах расчетная вместимость должна быть равна десятикратной величине среднего часового расхода воды на ГВС. Вода в этих баках должна быть защищена от аэрации, а внутренняя поверхность защищена от коррозии, при этом вода в них должна постоянно обновляться.

Если баки-аккумуляторы располагаются на источнике тепла, то максимальный часовой расход подпиточной воды равен:

$$G_{OM} = 0,0025V_{ТС} + G_{ГВС},$$

где  $G_{ГВС}$  - расход воды на ГВС (максимальный), м<sup>3</sup>/ч.

Если баки-аккумуляторы расположены в районе теплоснабжения, то расход подпиточной воды, которая подается от источника тепла, можно уменьшить до среднего значения, которое равно:

$$G_{OC} = 0,0025V_{TC} + KG_{ГВС},$$

где  $K$  - коэффициент, который определяется в зависимости от объема баков-аккумуляторов, проектной организацией;

$G_{ГВС}$  - расчетный расход воды на ГВС (усредненный).

Также на источнике тепла нужно устанавливать баки-аккумуляторы, которые вмещают не менее 25% от общей вместимости баков.

Для закрытых и открытых систем теплоснабжения должна быть установлена аварийная подпитка не деаэрированной и химически не обработанной водой. Расход данной воды нужно принимать 2% от среднего годового объема воды в тепловой сети и систем теплоснабжения (присоединенных), которые не зависят от схемы присоединения. Аварийную подпитку при наличии нескольких отдельных ТС определяют только для одной наибольшей по объему ТС. Аварийная подпитка, которая обеспечивается только из системы ХПВ (хозяйственно-питьевое водоснабжение), используется для открытых систем теплоснабжения.

## 6. Расчетная часть

Задача расчетной части состоит в разработке технологической схемы и выбора оборудования установки подпитки тепловой сети для источника (ТЭЦ или котельная), который будет обеспечивать отоплением и горячим водоснабжением строящийся жилой микрорайон с населением 10 000 чел.

### 6.1 Расчет теплового потребления микрорайона

Исходные данные:

$G_{сет} = 160$  т/ч – расход сетевой воды;

$t_{ХОВ} = 30$  °С – температура химически очищенной воды;

Температурный график теплосети 150/70 °С.

Выбор схемы системы теплоснабжения – закрытая система ТС.

$q_{ном} = 155$  Вт/м<sup>2</sup> – рекомендуемая тепловая нагрузка на отопление и вентиляцию жилых домов.

$a = 105$  л/сут – норма расхода горячей воды на одного человека.

$F = 12-18$  м<sup>2</sup> – норма площади для одного человека. Для расчетов принимаем 18 м<sup>2</sup>.

Площадь жилых зданий:

$$F_{района} = m \cdot F = 10000 \cdot 18 = 180000 \text{ м}^2;$$

Расход тепла на отопление жилых зданий и общественных зданий:

$$Q_0 = q_{ном} \cdot F_{района} \cdot (1 + k_{общ}) = 180000 \cdot 155 \cdot (1 + 0,25) = 34,87 \text{ МВт};$$

где  $k_{общ}$  – коэффициент, который учитывает отопление общественных зданий.



Расход тепла на вентиляцию общественных зданий:

$$Q_{\text{вент}} = k_{\text{общ}} \cdot k_{\text{вент}} \cdot q_{\text{ном}} \cdot F = 0,25 \cdot 0,6 \cdot 155 \cdot 180000 = 4,185 \text{ МВт};$$

Максимальный расход тепла на ГВС жилых и общественных зданий:

$$Q_{\text{ГВС}} = \chi_{\text{неод}} \cdot \chi_{\text{сут}} \cdot \frac{1,2 \cdot n \cdot (a + b) \cdot (65 - t_{\text{хол}})}{n_c} \cdot c_{\text{сп}};$$

Средний расход тепла на ГВС жилых и общественных зданий:

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{ГВС}}}{\chi_{\text{неод}} \cdot \chi_{\text{сут}}};$$

где  $n$  - число жителей данного микрорайона;

$\chi_{\text{неод}}$  - коэффициент учитывающий неравномерный расход тепла:  $\chi_{\text{неод}} = 1,2$ ;

$\chi_{\text{сут}}$  - коэффициент учитывающий неравномерность расхода тепла в сутки наибольшего использования:  $\chi_{\text{сут}} = 2$ ;

$n_c$  - продолжительность подачи тепла. Так как подача круглосуточная, то  $n_c = 86400 \text{ с/сут}$ ;

$t_{\text{хол}}$  - температура холодной воды:  $t_{\text{хол}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

$a$  - норма расхода воды на ГВС при температуре  $65 \text{ }^\circ\text{C}$ . Принимаем  $a = 105 \text{ л/(сут}\cdot\text{чел)}$ ;

$b$  - норма расхода воды для общественных зданий, при температуре  $65 \text{ }^\circ\text{C}$ , принимаем:  $b = 25 \text{ л/(сут}\cdot\text{чел)}$ ;

$c_{\text{сп}}$  - теплоемкость воды (средняя):  $c_{\text{сп}} = 4190 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$ ;

1,2 – коэффициент, который учитывает выстывание горячей воды в абонентской системе;

Тепловое (максимальное) потребление ГВС:

$$Q_{ГВС} = 1,2 \cdot 2 \cdot \frac{1,2 \cdot 10000 \cdot (105 + 25) \cdot (65 - 5)}{86400} \cdot 4190 = 10,89 \text{ МВт};$$

Тепловое (среднее) потребление ГВС:

$$Q_{ГВС}^{cp} = \frac{10,89}{1,2 \cdot 2} = 4,54 \text{ МВт};$$

Суммарное тепловое потребление микрорайона:

$$Q = Q_0 + Q_{вент} + Q_{ГВС} = 34,87 + 4,185 + 4,54 = 43,595 \text{ МВт}.$$

Потери теплоносителя в системе отопления:

$$G_{пот} = G_{сет} \cdot 0,1 = 160 \cdot 0,1 = 16 \text{ т/ч}.$$

## 6.2 Расчет подпиточной схемы тепловой сети

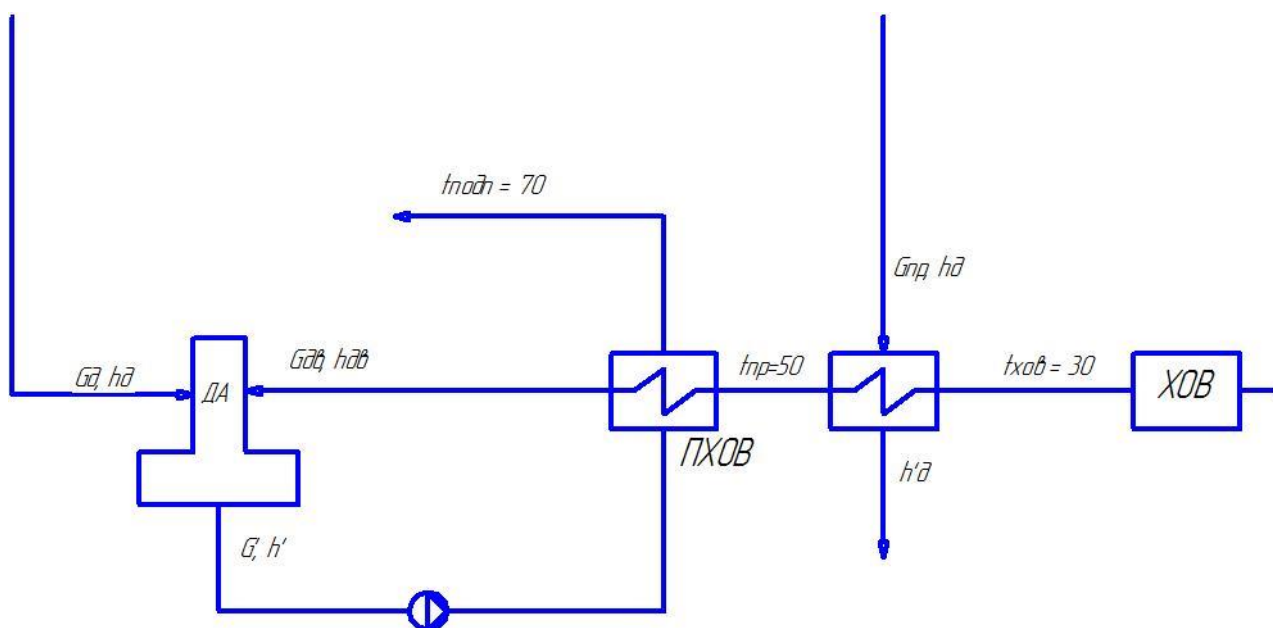


Рисунок 10. – Расчетная схема подпитки для тепловой сети.

Составим и решим систему уравнений для деаэратора:

$$\begin{cases} G_{дв} + G_{д} = G'; \\ G_{дв} \cdot h_{дв} + G_{д} \cdot h_{д} = \frac{G' \cdot h'}{\eta_c}. \end{cases}$$

Составим уравнение теплового баланса для промежуточного подогревателя:

$$G_{\text{ов}} \cdot (h_{\text{пр}} - h_{\text{хов}}) = G_{\text{пр}} \cdot (h_{\text{д}} - h_{\text{д}}').$$

Составим уравнение теплового баланса для ПХОВ:

$$G' \cdot (h' - h_{\text{подн}}) \cdot \eta_{\text{ПХОВ}} = G_{\text{ов}} \cdot (h_{\text{ов}} - h_{\text{пр}}).$$

где  $G_{\text{ов}}$  - расход добавочной воды;

$G_{\text{д}}$  - расход пара на деаэратор;

$G'$  - расход деаэрированной добавочной воды;

$G_{\text{пр}}$  - расход пара на промежуточный подогреватель;

$h_{\text{пр}} = C_p \cdot t_{\text{пр}} = 4,19 \cdot 50 = 209,5$  кДж/кг – энтальпия промежуточной воды;

$h_{\text{д}}' = f(p_{\text{омб}}) = 535,4$  кДж/кг – энтальпия дренажа промежуточного подогревателя;

$h_{\text{ов}} = C_p \cdot t_{\text{ов}} = 4,19 \cdot 84 = 351,96$  кДж/кг – энтальпия добавочной воды;

$h_{\text{д}}$  - энтальпия пара отбора;

$h' = f(p_{\text{нас}}) = 439,3$  кДж/кг – энтальпия деаэрированной добавочной воды;

$h_{\text{подн}} = C_p \cdot t_{\text{ОС}} = 4,19 \cdot 70 = 293,3$  кДж/кг – энтальпия подпиточной воды;

$h_{\text{хов}} = C_p \cdot t_{\text{ХОВ}} = 4,19 \cdot 30 = 125,7$  кДж/кг - энтальпия химически очищенной воды;

$\eta_c = 0,99$  - КПД смешения;

$\eta_{\text{ПХОВ}} = 0,98$  - КПД ПХОВ.

Результаты решения системы уравнений:

$$G_{\text{ов}} = 16,7 \text{ т/ч};$$

$$G' = 0,45 \text{ т/ч.}$$

$$G_{\text{пр}} = 0,64 \text{ т/ч.}$$

Для выбора теплообменника для подогрева химически очищенной воды определяем тепловую нагрузку:

$$Q_{\text{пр}} = G_{\text{ов}} \cdot C_p \cdot (t_{\text{пр}} - t_{\text{хов}}) = 4,63 \cdot 4,19 \cdot (50 - 30) = 0,4 \text{ МВт.}$$

Для выбора теплообменника промежуточно подогретой воды определяем тепловую нагрузку:

$$Q_{\text{хов}} = G' \cdot C_p \cdot (t' - t_{\text{ос}}) = 4,444 \cdot 4,19 \cdot (104,8 - 70) = 0,65 \text{ МВт.}$$

### 6.3 Выбор оборудования

По данным расчетам подбираем подогреватель (Выбор и подробный расчет теплообменника ведем с помощью ПО «Расчетная программа АО Ридан»):

Результаты расчета теплообменника для подогрева промежуточно подогретой воды представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Технические характеристики теплообменника промежуточно подогретой воды

Тип	НН.№19	
	Горячая сторона	Холодная сторона
Среда	Вода	Вода
Массовый расход, т/ч	16.00	16.44
Температура на входе, С	104.8	50.0
Температура на выходе, С	70.0	84.0
Потери давления, м.в.с.	2.67	2.16
Скорость каналы/порты, м/с	0.96 / 1.38	0.85 / 1.4
Тепловая нагрузка, ккал/ч	559000	
Коэф-т теплопередачи, ккал/ч*м2*К	5416	
Запас,% / Фактор загр.,м2К/МВт	10.5 / 17.4	
Поверхность теплообмена, м2	5.06	
Кол-во пластин / компоновка пластин	25-ТКТЛ29	
Компоновка каналов	1 x 12 + 0 x 0	1 x 12 + 0 x 0
Толщина, материал пластин	0,5 мм AISI316	
Материал прокладок	EPDM	
Расчетное/пробное давление,кг/см2	16/23	
Расчетная температура, С	150	
Масса нетто, кг *	260	
Объем, л	7,2	7,2
Патрубки	Фланцы Ду 65	

Размеры теплообменника НН№19 указаны в таблице 3.

### НН№19

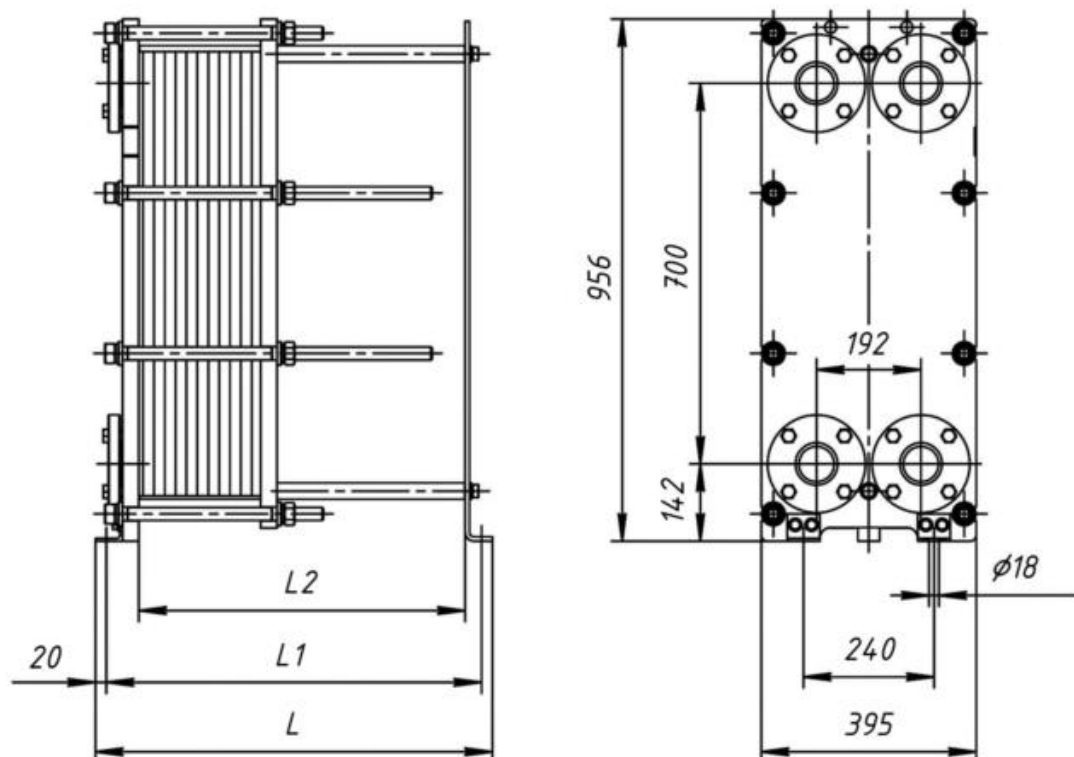


Рисунок 11. – Общий вид теплообменника НН№19.

Таблица 3. – Размеры теплообменника НН№19

Номер рамы	Количество пластин	Размеры в миллиметрах			Высота (Н)
		L	L1	L2	
1	11-35	530	490	400	956
2	36-55	630	590	500	956
3	56-75	730	690	600	956
4	76-105	880	840	750	956
5	106-155	1130	1090	1000	956

Результаты расчета теплообменника для подогрева химически очищенной воды представлены в таблице 4.

Таблица 4. – Технические характеристики теплообменника подогрева химически очищенной воды

Тип	НН.№07	
	Горячая сторона	Холодная сторона
Среда	Водяной пар	Вода
Массовый расход, т/ч	0.65	16.41
Температура на входе, С	135.0	30.0
Температура на выходе, С	126.0	50.0
Потери давления, м.в.с.	0.99	3.02
Скорость каналы/порты, м/с	30.16 / 46.21	0.93 / 1.57
Давление пара на входе (абс.), ата	2.50	
Сухость входного и выходного пара	1.00 / 0.00	
Тепловая нагрузка, ккал/ч	344000	
Коэф-т теплопередачи, ккал/ч*м2*К	3059	
Запас,% / Фактор загр.,м2К/МВт	23.5 / 0	
Поверхность теплообмена, м2	1.31	
Кол-во пластин / компоновка пластин	20-ТК	
Компоновка каналов	1 x 9 + 0 x 0	1 x 10 + 0 x 0
Толщина, материал пластин	0,5 мм AISI316	
Материал прокладок	EPDM	
Расчетное/пробное давление,кг/см2	16/23	
Расчетная температура, С	150	
Масса нетто, кг *	115	
Объем, л	1,8	2
Патрубки	Фланцы Ду 50	

Размеры теплообменника НН№07 указаны в таблице 5.

### НН№07

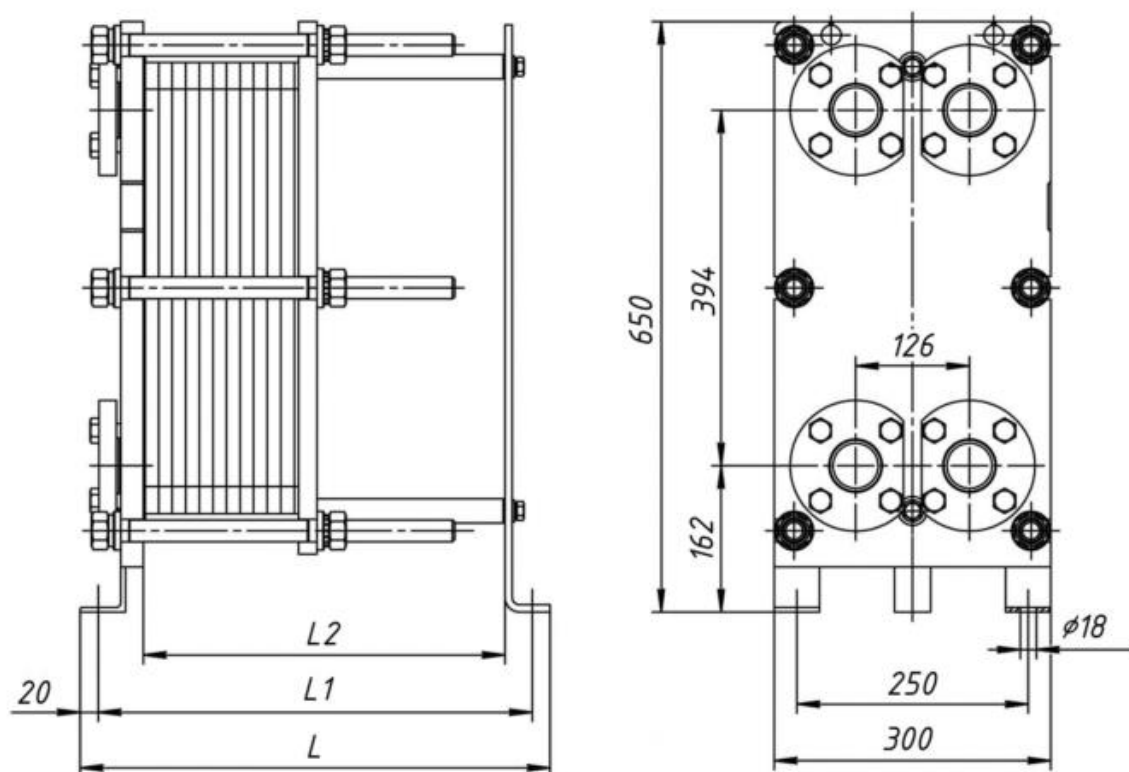


Рисунок 12. – Общий вид теплообменника НН№07.

Таблица 5. – Размеры теплообменника НН№07

Номер рамы	Количество пластин	Размеры в миллиметрах			Высота (Н)
		L	L1	L2	
1	5-39	520	480	400	650
2	40-75	720	680	600	650
3	76-111	920	880	800	650

Деаэратор выбираем по производительности (атмосферного типа). Так как подпитка 16 т/ч, то выбираем деаэратор атмосферного давления ДА-25/8.

Технические характеристики указаны в таблице 6.



Таблица 6. – Технические характеристики деаэратора ДА-25/8

Деаэратор	ДА-25/8
Производительность номинальная, т/ч	25
Давление рабочее избыточное, МПа	0,02
Температура деаэрированной воды, °С	104,8
Диапазон производительности, %	30-120
Диапазон производительности, т/ч	7,5-30
Максимальный и минимальный подогрев воды в деаэраторе, °С	40-10
Концентрация O <sub>2</sub> в деаэрированной воде при его концентрации в исходной воде, C <sup>k</sup> O <sub>2</sub> , мкг/кг - соответствующей состоянию насыщенности - не более 3мг/кг	30 20
Концентрация свободной углекислоты и деаэрированной воды, C <sup>k</sup> O <sub>2</sub> , мкг/кг	Следы
Пробное гидравлическое давление, МПа	0,294
Допустимое повышение давления при работе защитного устройства, МПа	0,166
Удельный расход выпара при номинальной нагрузке, кг/т.в	2
Деаэрационная колонка - диаметр, мм - высота, мм - масса, кг	518 2915 280
Полезная емкость аккумуляторного бака, м <sup>3</sup>	8
Тип деаэрационного бака	БДА-8
Типоразмер охладителя выпара	ОВА-2
Тип предохранительного устройства	ДА-25

Выбор подпиточного насоса производим по данной производительности 16 т/ч.

Выбираем два насоса (основной и резервный) АЦМС 32-1 с техническими характеристиками:

Подача: 32 м<sup>3</sup>/ч;

Напор: 12 м.в.ст;

Мощность: 2,2 кВт;

Обороты: 2900;

Масса: 79 кг;

Габариты: 320×298×768.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-5Б3А2	Таракановскому Никите Сергеевичу

<b>Школа</b>	Инженерная школа энергетики	<b>Отделение</b>	Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление</b>	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Месячный оклад старшего преподавателя - 19500 руб; исполнителя - 17000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Районный коэффициент – 30%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Социальные отчисления от ФОТ – 30%.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	1. Планирование работ и оценка времени их выполнения.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	2. Смета затрат на проект. 3. Смета затрат на оборудование.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	4. Расчет времени окупаемости проекта.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	01.03.18
---	----------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель Отделения социально-гуманитарных наук	Кузьмина Наталия Геннадьевна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б3А2	Таракановский Никита Сергеевич		

## 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе рассчитываются затраты на проектирование схемы подпитки для тепловой сети.

### 7.1 Планирование работ и оценка времени их выполнения

Для выполнения работы, составляется план. В нем подсчитывается по пунктам трудоемкость работ, количество исполнителей, участвующих в проекте, расходы и текущие затраты: заработная плата, социальные отчисления.

Поэтапный список работ, работающие исполнители, оценка объема трудоемкости отдельных видов работ сведена в таблице 7.

Таблица 7 – Планирование работ и оценка времени их выполнения.

№	Наименование работ	Исполнитель	Продолжительность, дней
1	2	3	4
1	Выдача и получение задания	Научный руководитель Инженер	1 1
2	Изучение литературы и сбор исходных материалов для проектирования	Инженер	15
3	Анализ объекта исследования (работы систем теплоснабжения)	Инженер	10
4	Краткая характеристика систем теплоснабжения	Инженер Научный руководитель	5 2

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4
5	Анализ утечек теплоносителя в системах ТС.	Научный руководитель Инженер	1 1
6	Подпитка ТС и способы ее регулирования	Инженер	8
7	Выбор схемы теплоснабжения	Научный руководитель Инженер	1 3
8	Расчет подпиточной схемы	Инженер	9
9	Выбор оборудования для схемы подпитки	Инженер	9
10	Анализ полученных результатов	Инженер	4
11	Проверка расчетов	Научный руководитель Инженер	1 2
12	Оформление работы по стандартам ТПУ	Инженер	3
13	Утверждение ВКР руководителем	Научный руководитель Инженер	1
	ИТОГО	Научный руководитель Инженер	7 70

## 7.2 Смета затрат на проектирование

Капитальные вложения в проект определяются по следующей формуле:

$$K_{np} = K_{mat} + K_{ам} + K_{зп} + K_{со} + K_{пр} + K_{нр}, \text{ руб.};$$

где  $K_{mat}$  – материальные затраты, руб.;

$K_{ам}$  – амортизация компьютерной техники, руб.;

$K_{зп}$  – затраты на заработную плату, руб.;

$K_{со}$  – затраты на социальные нужды;

$K_{пр}$  – прочие затраты, руб.;

$K_{нр}$  – накладные расходы, руб.

### 7.2.1 Материальные затраты

К материальным затратам относятся затраты на приобретение канцелярских товаров, принимаются в размере 1500 руб.

### 7.2.2. Амортизация основных фондов и нематериальных активов

При разработке проекта использовалась компьютерная техника, в связи с этим необходимо рассчитать амортизацию от её использования.

Таблица 8 – Основные фонды при выполнении проекта

Вид техники	Количество, ед.	Стоимость, руб.	Норма амортизации, %
Компьютер	1	30000	20
Принтер	1	5000	20

Затраты на амортизацию основных фондов рассчитывается по следующей формуле:

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

где  $T_{исп.кт}$  – время использования компьютерной техники,  $T_{исп.кт} = 70$  дней;

$T_{кал.}$  – календарное время,(365 дней);

$Ц_{кт.}$  – стоимость компьютерной техники,(30000) руб.;

$T_{сл}$  – срок службы компьютерной техники, 5 лет;

$$K_{ам.ком.} = \frac{70}{365} \cdot 30000 \cdot \frac{1}{5} = 1150,7 \text{ руб.};$$

$$K_{ам.прин.} = \frac{10}{365} \cdot 5000 \cdot \frac{1}{5} = 27,4 \text{ руб.}$$

Сумма амортизационных отчислений по основным фондам:

$$K_{ам.} = K_{ам.ком.} + K_{ам.прин.} = 1150,7 + 27,4 = 1178,1 \text{ руб.}$$

### 7.2.3 Затраты на заработную плату

В состав затрат на оплату труда включаются:

- выплаты заработной платы за фактически выполненные работы, исходя из должностных окладов в соответствии с принятыми на предприятии нормами и системами оплаты труда;

- выплаты, обусловленные районным регулированием оплаты труда;

- оплата в соответствии с действующим законодательством очередных и дополнительных отпусков;

Заработная плата рассчитывается следующим образом.

Общая заработная плата рассчитывается по формуле:

$$K_{ЗП} = ЗП_{рук.} + ЗП_{инж.}, \text{ руб.}$$

где  $ЗП_{рук.}$  – заработная плата научного руководителя

$ЗП_{инж.}$  – заработная плата инженера;

Месячная заработная плата:

$$ЗП_{мес.} = ЗП_о \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ руб.}$$

где  $ЗП_о$  – месячный оклад:

- научного руководителя  $ЗП_{рук.} = 19500$ руб.;
- инженера  $ЗП_{инж.} = 17000$ руб.;
- $K_1$  – коэффициент, учитывающий отпуск,  $K_1 = 10\%$ ;
- $K_2$  – районный коэффициент, для города Томска  $K_2 = 30\%$ ;

Месячная заработная плата научного руководителя:

$$ЗП_{мес} = 19500 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 27885 \text{ руб.}$$

Месячная заработная плата инженера:

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

Расчет дневных ставок:

$$ЗП_{он} = \frac{ЗП_{мес.}}{Д}, \text{ руб.,}$$

где  $Д$  – количество рабочих дней в месяце, (21 день).

Дневная ставка научного руководителя:

$$ЗП_{он} = \frac{27885}{21} = 1327,86 \text{ руб.}$$

Дневная ставка инженера:

$$ЗП_{он} = \frac{24310}{21} = 1157,61 \text{ руб.}$$

Расчет заработной платы согласно затраченному времени на выполнение ВКР:

$$ЗП_{рук.} = 1327,86 \cdot 7 = 9295,02 \text{ руб.};$$

$$ЗП_{инж.} = 1157,61 \cdot 70 = 81032,7 \text{ руб.}$$



Затраты на общую заработную плату:

$$K_{зп} = 9295,02 + 81032,7 = 90327,72 \text{ руб.}$$

#### 7.2.4 Затраты на социальные отчисления

Данная статья отражает обязательные отчисления по установленным законодательным нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования. Затраты на социальные нужды рассчитываются как доля 30% от затрат на оплату труда:

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

$$K_{со} = 0,3 \cdot 90327,72 = 27098,32 \text{ руб.}$$

#### 7.2.5 Прочие затраты

К прочим затратам себестоимости проекта относятся налоги, отчисления во внебюджетные фонды, затраты на командировки и т.д. Прочие затраты рассчитываются как 10% от суммы материальных затрат, затрат на заработную плату и отчислений на социальные нужды, амортизационных отчислений:

$$K_{пр} = 0,1 \cdot (K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{зп} + K_{со}),$$

$$K_{пр} = 0,1 \cdot (1500,0 + 1178,1 + 90327,72 + 27098,32) = 12010,41 \text{ руб.}$$

#### 7.2.6 Накладные расходы

В стоимости проекта учитываются накладные расходы, включающие в себя затраты на аренду помещений, оплату тепловой и электрической энергии, затраты на ремонт зданий и сооружений, заработную плату административных сотрудников и т.д. Накладные расходы рассчитываются как 200% от затрат на оплату труда.

$$K_{нр} = 2 \cdot K_{зп}, \text{ руб.},$$

$$K_{np} = 2 \cdot 90327,72 = 180655,44 \text{ руб.}$$

Общие капитальные вложения в проект составит:

$$K_{np} = 1500 + 1178,1 + 90327,72 + 27098,32 + 12010,41 + 180655,44 = 312769,99 \text{ руб.}$$

Полученные данные сведены в таблице 9.

Таблица 9 – Смета затрат на проектирование

Элементы затрат	Стоимость, руб.
Материальные затраты, $K_{mat}$	1500
Амортизация компьютерной техники, $K_{ам}$	1178,1
Затраты на заработную плату, инженера и научного руководителя, $K_{зп}$	90327,72
Затраты на социальные нужды, $K_{со}$	27098,32
Прочие затраты, $K_{пр}$	12010,41
Накладные расходы, $K_{nr}$	180655,44
Итого, $K_{np}$	312769,99

### 7.3 Смета затрат на реализацию проекта

Смета затрат на оборудование и монтажные работы (стоимость монтажных работ принята 20% от суммарной стоимости оборудования).

Таблица 10. – Смета затрат на оборудование

Элементы затрат	Стоимость, руб.
Деаэратор ДА-25/8	463858,00
Теплообменник НН№14	47500,00
ХВО (химическая обработка воды)	53000,00
Насос АЦМС 32-1	100392,00
Суммарная стоимость оборудования	664477,00
Монтажные работы	132895,4
Итого	797372,4

## 7.4 Определение срока окупаемости проекта

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

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;

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

7.4.1 Годовые эксплуатационные издержки по теплофикационной подпиточной установке составляют:

$$I_{год}^{ПУ} = I_{ам} + I_{рем} + I_{нт} + I_{зп} + I_{соц} + I_{пр}, \text{ руб./год}$$

где  $I_{ам}$  – амортизационные отчисления, руб.;

$I_{рем}$  – затраты на ремонт, руб.;

$I_{нт}$  – затраты на перекачку теплоносителя для подпитки, руб.;

$I_{зп}$  – затраты на заработную плату, руб.;

$I_{соц}$  – отчисления на социальные нужды, руб.;

$I_{пр}$  – прочие затраты, руб.

1) Затраты на амортизацию:

$$I_{ам} = H_{ам} \cdot K_{тс}, \text{ руб.},$$

где  $H_{ам}$  – норма амортизации,

$K_{тс}$  – капитальные затраты на тепловые сети, руб.

Норма амортизации рассчитывается по формуле:

$$H_{ам} = \frac{1}{T} \cdot 100, \%$$

где  $T$  – нормативный срок службы данного вида основных фондов, лет. Согласно Общероссийского классификатора основных средств (ОКОФ), теплофикационная установка для подпитки тепловой сети относится к 5 амортизационной группе, срок полезного использования 7 - 10 лет.

$$H_{ам} = \frac{1}{10} \cdot 100 = 10\%.$$

Затраты на амортизацию составляют:

$$I_{ам} = 0,1 \cdot 797372,4 = 79737,24 \text{ руб.}$$

2) Затраты на ремонт рассчитываются в процентах от капитальных затрат.

Затраты на ремонт теплофикационной подпиточной установки, согласно СО 34.20.611-2003 Нормативы затрат на ремонт в процентах от балансовой стоимости конкретных видов основных средств электростанций, составляют 8,94%.

$$I_{рем} = 0,0894 \cdot 797372,4 = 71285,1 \text{ руб.}$$

3) Затраты на перекачку теплоносителя  $I_{nm}$  определяются по формуле:

$$I_{nm} = D_{год} \cdot \tau_{э}, \text{ руб.},$$

где  $\tau_{э}$  – тариф на электрическую энергию в данной энергосистеме, руб.,

$$\tau_{э} = 2,37 \text{ руб./кВт}\cdot\text{ч};$$

$D_{год}$  – годовой расход электрической энергии на привод подпиточного насоса, рассчитываемый по формуле:

$$D_{год} = \frac{G \cdot H \cdot h \cdot 10^{-3}}{\rho \cdot \eta_{ny}},$$

где  $G$  – расход подпиточной воды,  $G = 4,44$  кг/с;

$H$  – напор, Па,  $H = 117684$  Па;

$h$  – число часов работы системы при напоре  $H$  и расходе  $G$ , ч/год,  $h = 5568$  ч;

$\eta_{ny}$  – КПД насосной установки,  $\eta_{ny} = 0,6$ ;

$\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>,  $\rho = 975$  кг/м<sup>3</sup>.

$$D_{год} = \frac{4,44 \cdot 117684 \cdot 5568 \cdot 10^{-3}}{975 \cdot 0,6} = 4973,3 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

$$I_{нт} = 4973,3 \cdot 2,37 = 11786,72 \text{ руб.}$$

4) Затраты на заработную плату  $I_{ЗП}$  обслуживающего персонала:

Согласно норм обслуживания на данный микрорайон составляет 2 слесаря и один мастер. Прямой фонд ЗП, руб., основных рабочих рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{прям} = Окл \cdot Ч_p \cdot 12, \text{ руб.}$$

где  $Окл$  – оклад, руб., оклад одного слесаря 4 разряда составляет 25000 руб., мастера – 35000 руб.;

$Ч_p$  – численность персонала;

$$ЗП_{прям} = (25000 \cdot 2 + 35000 \cdot 1) \cdot 12 = 1020000 \text{ руб.}$$

Затраты на основную заработную плату  $ЗП_{осн}$  производственных рабочих, кроме прямой, включают доплаты по премиальным системам и выплаты по районному коэффициенту.

$$ЗП_{осн} = (ЗП_{прям} + ЗП_{прем}) \cdot K_p, \text{ руб.}$$

где  $ЗП_{прем}$  – премиальный фонд, руб., составляет 30% от оклада;

$K_p$  – районный коэффициент, по городу Красноярску  $K_p = 30\%$ .

$$ЗП_{осн} = (1020000 + (0,3 \cdot 1020000)) \cdot 1,3 = 1723800 \text{ руб./год.}$$

Дополнительная зарплата

Оплата отпусков, льгот и т.д. относится к статье «Дополнительная заработная плата».  $ЗП_{дон}$  определяем по формуле:

$$ЗП_{дон} = ЗП_{осн} \cdot K_1, \text{ руб.};$$

где  $K_1$  – процент дополнительной заработной платы,  $K_1 = 10\%$ .

$$ЗП_{дон} = 1723800 \cdot 0,1 = 172380 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату  $I_{ЗП}$  составляют:

$$I_{ЗП} = ЗП_{осн} + ЗП_{дон} = 1723800 + 172380 = 1896180 \text{ руб.}$$

#### 5) Затраты на социальные отчисления

Затраты на социальные нужды рассчитываются как доля 30% от затрат на оплату труда:

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

$$I_{соц} = 0,3 \cdot 1896180 = 568854 \text{ руб.}$$

#### 6) Прочие затраты

Прочие затраты рассчитываются как 10% от суммы всех эксплуатационных расходов по тепловым сетям.

$$I_{пр} = 0,1 \cdot (I_{ам} + I_{рем} + I_{нт} + I_{зп} + I_{соц}),$$

$$I_{пр} = 0,1 \cdot (79737,24 + 71285,1 + 11786,72 + 1896180 + 568854) = 262784,3 \text{ руб.}$$

7) Общие суммарные годовые эксплуатационные расходы по подпиточной системе составляют:

$$I_{сод}^{ПВ} = 79737,4 + 71285,1 + 11786,72 + 1896180 + 568854 + 262784,3 = 2890627,52$$

#### 7.4.2 Оценка эффективности подпиточной системы

Суммарное тепловое потребление микрорайона 43,595 МВт.

Покупка тепловой энергии у ПАО «Юнипро» 66889 ГДж/год = 15976,16 Гкал/год по цене 900,36 руб./Гкал (тариф на тепловую энергию на 2018г.).

$$15976,16 \cdot 900,36 = 14384295,4 \text{ руб.}$$

Продажа тепловой энергии потребителям 15976,16 Гкал/год по цене 1368,1 без подпиточной системы тепловой сети руб./Гкал.

$$(15976,16 - 0,25 \cdot 15976,16) \cdot 1368,1 = 16932738,37 \text{ руб.}$$

Продажа тепловой энергии потребителям 15976,16 Гкал/год по цене 1368,1 с подпиточной системой тепловой сети руб./Гкал.

$$15976,16 \cdot 1368,1 = 21856984,5 \text{ руб.}$$

Прибыль, полученная от реализации тепловой энергии без теплофикационной подпиточной системы:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 16932738,37 - 14384295,4 = 2548442,97 \text{ руб.}$$

Прибыль, полученная от реализации тепловой энергии с теплофикационной подпиточной системой:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 21856984,5 - 14384295,4 = 7472689,1$$

Экономический эффект:

$$\mathcal{E} = 7472689,1 - 2548442,97 = 4924246,13 \text{ руб.}$$

С теплофикационной подпиточной установкой получаем больше прибыли на 4924246,13 руб.

Таким образом срок окупаемости проекта составляет:

$$T_{\text{ок}} = \frac{312769,99 + 664477,00 + 132895,4}{4924246,13 - 2890627,52} = 0,6 \text{ года или } 7 \text{ месяцев.}$$

В энергетике нормативный срок окупаемости  $T_{\text{ок.н}} = 4,5$  года.

$T_{\text{ок.н}} > T_{\text{ок}}$ , значит капитальные вложения с экономической точки зрения целесообразны.

Рентабельность теплофикационной подпиточной установки рассчитываем по формуле:

$$P = \frac{\mathcal{E} - I_{\text{год}}^{\text{ПУ}}}{K} \cdot 100 = \frac{4924246,13 - 2890627,52}{797372,4} \cdot 100 = 255 \%$$

Таким образом, предполагаемый проект системы теплоснабжения является эффективным. Об этом свидетельствуют следующие показатели:

- годовая прибыль составляет 4924246,13 руб.;
- рентабельность равна 255%;
- срок окупаемости составляет 0,6 года или 7 месяцев.



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-5Б3А2	Таракановскому Никите Сергеевичу

<b>Школа</b>	Инженерная школа энергетики	<b>Отделение</b>	Научно-образовательный центр И.Н. Буакова
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

#### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона).	Исследование систем подпитки тепловых сетей, расчёт и разработка технологической схемы подпитки
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– опасные и вредные производственные факторы;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– механические опасности;</li> <li>– термические опасности;</li> <li>– опасность поражения электрическим током.</li> </ul>
2. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу;</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу;</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу;</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности.</li> </ul>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные правовые нормы трудового законодательства;</li> </ul>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.18
--	----------

#### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент Отделения контроля и диагностики	М. В. Василевский	к.т.н., доцент		

#### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б3А2	Таракановский Никита Сергеевич		

## 8. Социальная ответственность

### Введение

Корпоративная социальная ответственность (КСО, также называемая корпоративная ответственность, ответственный бизнес и корпоративные социальные возможности) — это концепция, в соответствии с которой организации учитывают интересы общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на фирмы и прочие заинтересованные стороны общественной сферы. Это обязательство выходит за рамки установленного законом обязательства соблюдать законодательство и предполагает, что организации добровольно принимают дополнительные меры для повышения качества жизни работников и их семей, а также местного сообщества и общества в целом.

Практика КСО является предметом многочисленных споров и критики. Защитники утверждают, что имеется прочное экономическое обоснование КСО, и корпорации получают многочисленные преимущества от того, что работают на более широкую и продолжительную перспективу, чем собственная сиюминутная краткосрочная прибыль. Критики спорят, что КСО уводит в сторону от фундаментальной экономической роли бизнеса; одни утверждают, что это не что иное, как приукрашивание действительности; другие говорят, что это попытка подменить роль правительства в качестве контролера мощных мультинациональных корпораций.

Индивидуальная социальная ответственность возникает, когда человек перестает заботиться только о себе, когда в круг объектов заботы включает ближнее окружение, местное сообщество, среду обитания — перечислять можно долго, конкретных форм может быть много — от социально ответственного потребления до благотворительной деятельности социальной и экологической направленности. Даже краткое описание этих форм оказывается слишком

масштабной задачей, поэтому ограничимся рассмотрением некоторых аспектов формирования социально ответственного потребления, индивидуальной экологической ответственности и ответственного отношения человека к формированию и использованию базовой компоненты индивидуального человеческого капитала – собственного здоровья.

Эффективная подпитка тепловых сетей имеет крайне важное социальное значение, так как неэффективное теплоснабжение приводит к огромному перерасходу энергетических, материальных и финансовых ресурсов. Сбои в обеспечении теплом регулярно становятся зимой для многих жителей страны физическим и моральным страданием.

### **8.1 Производственная безопасность**

В зоне обслуживания оборудования тепловых сетей могут иметь место следующие опасные и вредные производственные факторы:

- повышенная влажность воздуха;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола, настила);
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- перемещение машин и механизмов вблизи рабочего места;
- повышенная загазованность и недостаточное содержание кислорода в воздухе рабочей зоны.
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;

#### **Повышенная влажность воздуха**

Как известно, человек по большей части состоит из жидкости. Слишком сухой воздух может высушивать кожу и быстрее обезвоживать организм. В первую очередь страдают слизистые оболочки, контактирующие с открытым

воздухом, они покрываются микротрещинами и пересыхают, открывая прямую дорогу в организм вредоносным бактериям и вирусам.

Влажность влияет на потоотделение и тепловой обмен, а также на плотность кислорода в атмосфере. При относительной влажности воздуха менее 10% даже здоровые люди испытывают ощущение сухости в носоглотке, «резь» в глазах, может даже начаться носовое кровотечение. Особенно опасен сухой воздух для больных бронхиальной астмой, у них наблюдается общее ухудшение самочувствия, возможны приступы. Тем не менее, сухой воздух позволяет легче переносить низкие и высокие температуры. Так, например, при малой относительной влажности летняя жара переносится легче, чем та же температура, но в районах с высокой влажностью. То же самое и с отрицательными температурами.

Сильные морозы при низкой влажности приносят гораздо меньший дискомфорт, чем небольшой «минус» в условиях влажного воздуха. Особенно сильно реагируют на высокую влажность больные гипертонической болезнью, атеросклерозом, люди с различными сердечно-сосудистыми заболеваниями. При сильно влажном воздухе (80...95%) возможны обострения и приступы. При температуре окружающей среды +25°C и выше и одновременно влажном воздухе нарушается отдача тепла с поверхности кожи, и организм может перегреться. Первые признаки избыточного тепла: ощущение духоты и тяжести, ухудшение самочувствия, пониженная работоспособность. Постоянное пребывание человека в помещениях с высокой влажностью приводит к снижению сопротивляемости организма к инфекционным и простудным заболеваниям, а также к более серьезным последствиям: заболеванию почек, туберкулезу, ревматизму и т.д.

## **Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны**

Микроклимат (метеорологические условия) на рабочем месте в производственных помещениях определяется температурой воздуха, относительной влажностью, скоростью движения воздуха, барометрическим давлением и интенсивностью теплового излучения от нагретых поверхностей.

Рабочей зоной считается пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на котором находятся места постоянного или временного пребывания работающих. Постоянным рабочим местом считается место, на котором работающий находится более 50% своего рабочего времени или более 2 ч непрерывно.

При выполнении работы в различных пунктах рабочей зоны постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона. Благоприятные (комфортные) метеорологические условия на производстве являются важным фактором в обеспечении высокой производительности труда и в профилактике заболеваний. При несоблюдении гигиенических норм микроклимата снижается работоспособность человека, возрастает опасность возникновения травм и ряда заболеваний, в том числе профессиональных.

Температура воздуха оказывает большое влияние на самочувствие человека и производительность труда. Высокая температура воздуха в производственных помещениях при сохранении других параметров вызывает быструю утомляемость работающего, перегрев организма и большое потовыделение. Это ведет к снижению внимания, вялости и может оказаться причиной возникновения несчастного случая. Следует иметь в виду, что температура воздуха в помещениях повышается на 1—2° С и более на каждый метр их высоты и может достигать вверху 40—50°С. Это необходимо учитывать, когда в цехе имеются рабочие площадки, расположенные в верхней части помещения, например для обслуживания высокогабаритного

оборудования и станков, а также при наличии кранов, управление которыми осуществляется из кабин сверху. Низкая температура может вызвать местное и общее охлаждение организма и стать причиной ряда простудных заболеваний — ангины, катара верхних дыхательных путей.

При выполнении работ на участках с температурой воздуха выше 33°C необходимо применять режим труда с интервалами времени для отдыха и охлаждения. Работу в зонах с низкой температурой окружающего воздуха следует производить в теплой спецодежде и чередовать по времени с нахождением в тепле.

### **Расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли**

При работе на высоте возможны воздействия следующих опасных и вредных производственных факторов:

1. расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола, перекрытия) и связанное с этим возможное падение работника или падение предметов на работника;
2. разрушающиеся конструкции (лестницы, стремянки, леса, подмости и другое вспомогательное оборудование);
3. повышенное скольжение (вследствие обледенения, увлажнения, замасливания поверхностей грунта, пола, трапов, стремянок, лестниц, лесов, подмостей и т. п.);
4. движущиеся машины и механизмы;
5. повышенная скорость ветра (при работе на открытом воздухе);
6. повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
7. повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;

8. острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;
9. недостаточная освещенность рабочих мест;
10. физические перегрузки.

При работах на высоте более 1,3 м над уровнем земли, пола, площадки необходимо применять предохранительный пояс, при необходимости со страхующим канатом.

Для защиты от опасных и вредных факторов работник должен быть обеспечен спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты в соответствии с Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты и Коллективным договором.

### **Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Как известно, благодаря зрению, человек получает более 80% информации из внешнего мира. Освещение играет при этом немаловажную роль, позволяя определять цвета и формы, ориентироваться в пространстве. Свет – это один из условий жизнедеятельности людей, который необходим для поддержания нашего здоровья и результативности рабочего процесса.

В трудовой деятельности правильная система освещенности также выполняет свою роль в уменьшении количества несчастных случаев на производстве, в устранении некачественных и бракованных изделий, улучшает общие условия труда и производительность.

Выделяют три вида освещения: естественное – прямые солнечные лучи, искусственное – электрические источники света, совмещенное – солнечный свет в дополнении с электрическими источниками. Правильная система освещения является тонизирующим действием, благотворно влияет на

физиологическую систему человека и его работоспособность. При недостаточной освещенности в помещении появляется утомляемость глаз и организма в целом.

В производственном процессе такое освещение уменьшает внимание персонала на различные важные детали, вызывает утомляемость и сонливое состояние, ухудшает ориентацию и ведет к производственному травматизму и несчастным случаям, уменьшается производительность и качество изделий. Также на работоспособность влияет зрительная адаптация, когда зрачок от постоянного перехода яркого и блеклого света то сужается, то расширяется, тем самым приводит к быстрой утомляемости глаз. Неравномерное освещение в условиях работы приводит к профессиональным болезням. Длительное нахождение в недостаточных условиях освещенности в аудиториях, предприятиях и в бытовой обстановке нарушает обмен веществ в человеческом организме, сбивает психологическое состояние, развивает глазные болезни, близорукость.

Согласно ГОСТ 12.0.003.-86 недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным производственным фактором, который может вызвать ослепленность или привести к быстрому утомлению и снижению работоспособности.

Свет влияет на физиологическое состояние человека, правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности и повышает работоспособность. При недостаточном освещении человек работает менее продуктивно, быстро устает, растет вероятность ошибочных действий, что может привести к травматизму. В зависимости от длины волны, свет может оказывать возбуждающее (оранжево-красный) или успокаивающее (желто-зеленый) действие. При недостаточной освещенности рабочей зоны следует применять дополнительное местное освещение. При



работах в теплофикационных камерах должны применяться переносные светильники напряжением не более 12 В.

Согласно ГОСТ 12.4.011-89 к средствам нормализации освещенности производственных помещений рабочих мест относятся:

- источники света;
- осветительные приборы;
- световые проемы;
- светозащитные устройства;
- светофильтры;
- защитные очки.

### **Перемещение машин и механизмов вблизи рабочего места**

Опасный производственный фактор – движущиеся механизмы и их части – опасен возможностью получения механической травмы в результате контакта движущейся части механизма с телом человека.

Он может проявляться на предприятиях и в цехах, где используются какие-либо подвижные механизмы: кузнечно-прессовые, механические цеха, цеха по затариванию, расфасовке и сборке, установки предприятий химических производств, где используются гидро- и пневмоприводы, дозирующие и перемешивающие устройства. Эти факторы могут проявиться при проведении транспортных и монтажных операций на предприятиях. Условия существования потенциальной опасности воздействия объекта (движущегося механизма) на человека можно рассматривать как:

1. Предусмотренные самим технологическим процессом в зависимости от его назначения (например, работа с подъемно-транспортным оборудованием, станками, прессами, и т.д.).

2. Приводящие к опасности из-за недостатков в монтаже и конструкции объекта (например, обрывы конструктивных элементов и их падение, разрушение от коррозии и т.п.).
3. Возникающие вновь при изменении технологического процесса и применении другого типа оборудования (по сравнению с ранее принятым в проекте).
4. Зависящие от человека (психофизиологические особенности, целевое устремление, отношение к необходимости поддерживать культуру производства на достаточно высоком уровне и т.п.).

Присутствие опасного фактора на производстве – необходимое, но не достаточное условие его проявления. Причины его появления в большинстве случаев – результат конструктивных недостатков оборудования, недостаточности освещения, неисправности защитных средств, оградительных устройств, а также несоблюдение правил безопасности из-за неподготовленности работников, низкая трудовая и производственная дисциплина, неправильная организация работы, отсутствие надлежащего контроля за производственным процессом и др.

### **Повышенная загазованность и недостаточное содержание кислорода в воздухе рабочей зоны**

Атмосферный сухой воздух(наиболее благоприятный для дыхания) – это смесь газов с компонентами: азот – 78,08%; кислород – 20,95%; аргон, неон и другие инертные газы – 0,93%; CO<sub>2</sub>– 0,03%; прочие газы – менее 0,01%. Важно, чтобы воздух имел определенный ионный состав. На жизнедеятельность организма человека благоприятно воздействуют отрицательные ионы кислорода воздуха(аэроны).

Вредные вещества бывают в виде: паров, газов, капель, вредных частиц.

Вредные вещества проникают в организм человека:

1. через дыхательные пути;
2. через кожный покров;
3. через пищеварительный тракт.

Пищеварительный тракт(в желудок попадают яды) - проникают во время приема еды на раб месте.

Ядовитые свойства могут проявить практически все вещества, даже такие, как поваренная соль в больших жозах или кислород при повышенном давлении, однако к ядам принято относить лишь те, которые свое вредное действие проявляют в обычных условиях и в относительно небольших количествах.

В соответствии с ГОСТ содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны регламентируется величиной ПДК (миллиграмм/м<sup>3</sup>). ПДК – это такое количество вредного вещества, которое при ежедневной работе, кроме выходных дней, но не более 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа не должно вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего или последующего поколений.

Способ нормализации воздуха рабочей зоны – вентиляция, заключается в удалении из помещения загрязненного и нагретого воздуха и подачи в него свежего.

По способу перемещения воздуха вентиляцию делят на:

1. естественную (проветривание, аэрация);
2. механическую;
3. комбинированную.

Воздухообмен при естественной вентиляции осуществляется за счет разности температур (плотностей) воздуха в помещении и наружного воздуха (тепловой напор) или в результате действия ветра (ветровой напор).

Наиболее распространенная естественная вентиляция = аэрация (организованная общеобменная вентиляция, которая реализуется в холодных цехах за счет ветрового напора, а в горячих – за счет совместного или раздельного действия теплового и ветрового напоров).

При неорганизованной естественной вентиляции воздухообмен осуществляется за счет вытеснения наружным холодным воздухом через окна, щели и двери теплого воздуха.

Естественная вентиляция проста в эксплуатации, экономична, но имеет ряд существенных недостатков: применяется не только в производственных помещениях, где нет большого количества вредных веществ, - не охлаждается, - не увлажняется, - не очищается от пыли.

Механическая: воздухообмен обеспечивается напором (вентилятор – центробежный, осевой, дисковый).

Виды:

1. центробежным;
2. осевым;
3. дисковым.

По направлению движения воздуха механическую вентиляцию делят на:

1. приточную - подача чистого воздуха;
2. вытяжную - удаление нагретого воздуха;
3. приточно-вытяжную.

По организации воздухообмена:

1. общеобменная;
2. местная.

Приточная вентиляция обеспечивает подачу в помещения чистого воздуха. Вытяжная вентиляция предназначена для удаления из помещений нагретого и загрязненного воздуха.

Приточно-вытяжная вентиляция применяется во всех производственных помещениях, где необходим повышенный и особо надежный воздухообмен.

Местная вентиляция предназначена для удаления вредных веществ или избытка теплоты непосредственно из зоны выделения, она препятствует их распространению по всему объему производственного помещения, это позволяет уменьшить необходимый воздухообмен при общеобменной вентиляции.

При повышенной загазованности воздуха рабочей зоны необходимо работать в противогазовом респираторе (РПГ-67, РУ-60м и др.) или противогазе.

### **Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека**

Оборудование, находящееся в пределах рабочей площадки (насосы, ротор, подъемник), работает от электрического тока. Как следствие, существует вероятность поражения электрическим током рабочего. Проходя через человека электрический ток воздействует на организм следующим образом:

Биологическое воздействие. Выражается в раздражении и возбуждении живых клеток организма, что приводит к непроизвольным судорожным сокращениям мышц, нарушению нервной системы, органов дыхания и

кровообращения. При этом могут наблюдаться обмороки, потеря сознания, расстройство речи, судороги, нарушение дыхания (вплоть до остановки). Тяжелая электротравма нарушает функции мозга, дыхания, сердца до полной их остановки, что приводит к гибели пострадавшего. Наиболее частой причиной смерти от электротравмы является фибрилляция желудочков сердца, при которой нарушается сократительная способность мышц сердца.

Электролитическое воздействие. Проявляется в разложении плазмы крови и др. органических жидкостей, что может привести к нарушению их физико-химического состава.

Термическое воздействие. Сопровождается ожогами участков тела и перегревом отдельных внутренних органов, вызывая в них различные функциональные расстройства. Ожоги вызываются тепловым действием электрического тока или электрической дуги.

В настоящее время, согласно ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ «Средства защиты работающих. Классификация», существуют следующие средства защиты от повышенного значения напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека:

1. оградительные устройства;
2. устройства автоматического контроля и сигнализации;
3. изолирующие устройства и покрытия;
4. устройства защитного заземления и зануления;
5. устройства автоматического отключения;
6. устройства выравнивания потенциалов и понижения напряжения;
7. устройства дистанционного управления;
8. предохранительные устройства;
9. молниеотводы и разрядники;
10. знаки безопасности.

## 8.2 Экологическая безопасность

Негативное воздействие на окружающую среду, оказываемое системами теплоснабжения, связано в основном с работой котельных установок производственно-отопительных котельных и котельных цехов ТЭС. При полном сгорании топлива в атмосферу выбрасываются водяной пар  $H_2O$ , углекислый газ  $CO_2$ , диоксид серы  $SO_2$ , окислы азота  $NO$  и  $NO_2$ , твердые частицы золы уноса. При неполном сгорании к названным газам добавляются монооксид углерода (угарный газ)  $CO$  и более сложные органические соединения, в том числе такие опасные, как фураны и диоксины. К твердым частицам золы прибавляются частицы сажи и несгоревшего топлива. Из перечисленных веществ только водяной пар не представляет опасности для окружающей среды. Углекислый газ, не оказывая непосредственного вредного влияния на животных и растения, накапливаясь в атмосфере, приводит, по современным представлениям, к усилению парникового эффекта и глобальному изменению климата. Остальные компоненты дымовых газов в той или иной степени опасны для человека, животных и растений.

При сжигании твердого топлива образуются зола и шлак, которые содержат такие вредные вещества, как тяжелые металлы, мышьяк и др. Количество летучей золы в уходящих газах зависит от вида топлива и способа сжигания. При слоевом сжигании с газами удаляется 10—15% золы, а при факельном сжигании твердого топлива — до 80—90%. Таким образом, вредное действие уходящих газов на окружающую среду существенно зависит от вида и состава топлива и способа его сжигания. Наиболее тяжелые условия возникают при факельном сжигании твердого топлива с большим содержанием серы и сухим шлакоудалением. При сжигании природного газа единственным, но существенным загрязнителем являются оксиды азота. При сжигании древесных отходов основной загрязнитель — зола.

Дренажи ТЭС и котельных, образующиеся при непрерывной и периодической продувке котлов, а также при промывке и регенерации фильтров ХВО, содержат растворенные химикаты, которые загрязняют водоемы и почву.

Вредные вещества, поступающие в атмосферу, образуют вредные выбросы, а вредные вещества, поступающие в поверхностные и грунтовые водоемы, — вредные сбросы.

Для предотвращения или уменьшения вредного влияния источников теплоснабжения на окружающую среду разработаны и законодательно утверждены способы расчета и экспериментального определения для каждого потенциального источника предельно допустимых выбросов (ПДВ) и сбросов (ПДС). ПДВ — это выброшенный в окружающую среду за единицу времени объем (количество) загрязняющего вещества, превышение которого ведет к неблагоприятным последствиям. В отдельных случаях возможно применение в течение определенного срока временно согласованных выбросов (сбросов) ВСВ (ВСС). Выброс вредных веществ в атмосферный воздух стационарным источником допускается только на основании разрешения, выданного территориальным органом специально уполномоченного федерального органа исполнительной власти в области охраны атмосферного воздуха. Предприятия, осуществляющие выбросы, должны их оплачивать в соответствии с постановлением Правительства РФ от 12 июня 2003 г. № 344. В то же время в приземном слое атмосферы (на высоте 1,5 м от поверхности земли) концентрация вредных веществ не должна превышать также законодательно установленных величин, называемых предельно допустимыми концентрациями — ПДК. Таким образом, для каждого источника загрязнения ограничены объемы выбросов каждого из загрязняющих веществ и концентрация этого вещества в атмосфере на уровне земли.



### 8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Техника безопасности при выполнении работ по ликвидации аварий на тепловых сетях аналогична технике безопасности при работах на наружных водопроводных сетях. Но имеются и особенности, например, опасность получения работниками ожогов от прикосновения к горячим трубам и фасонным частям, а также возможность обвариться горячей водой или паром. Поэтому все работы на тепловых сетях должны выполняться только после отключения от сети поврежденного участка трубопровода и устранения избыточного давления в нем.

Характерные аварии тепловых сетей: разрывы или повреждения стыков труб, нарушения герметичности фланцевых соединений, образования течей в местах установки регулирующей арматуры, сальниковых компенсаторов. Места аварии тепловых сетей обнаруживаются по выходу пара или выбиванию наружу горячей воды, а также по поступлению пара или горячей воды из теплофикационных каналов в камеры и колодцы.

Часто трубы теплопроводов прокладываются совместно с другими сетями в технических коридорах внутри зданий. При повреждении трубопроводов горячая вода может проникать в подвальные помещения и в защитные сооружения ГО. В таких случаях необходимо предусматривать возможность закрытия задвижек на первых магистралях и конденсатопроводе, иметь информацию об их расположении.

Перед началом работ поврежденный участок трубопровода надо перекрыть задвижками, а давление в нем снизить до нуля. При любых повреждениях теплопроводов работы начинаются только после отключения участка.

Все работы на тепловых сетях необходимо проводить в рукавицах. Обязательно следует пользоваться защитными экранами или щитками,

устанавливаемыми между работником и разъединяемой арматурой для защиты от возможного прорыва струи горячей воды или пара.

Знание этих правил и простейших приемов работы позволяет принимать меры по снижению ущерба от аварии еще до прибытия аварийной бригады.

#### **8.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Безопасность теплоснабжения должна рассматриваться как составная и неотъемлемая часть энергетической безопасности. В настоящее время нет какого-либо документа, комплексно устанавливающего требования к безопасности теплоснабжения. Федеральный закон о техническом регулировании от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ открывает реальную возможность восполнить пробел, имеющийся в нормативно-правовом регулировании теплоснабжения, принятием специального технического регламента или национального стандарта о безопасности теплоснабжения.

В любом случае соответствующий нормативный документ вписывается в определенную законом область биологической безопасности и способен обеспечить повышение уровня безопасности жизни и здоровья граждан. В ряду мер по обеспечению биологической безопасности - безопасность теплоснабжения соседствует с продовольственной безопасностью, имея ряд важных совпадений.

Основу безопасности теплоснабжения составляет формирование баланса спроса и предложения, который требует соответствия мощности теплоисточников и пропускной способности тепловых сетей присоединенной тепловой нагрузке потребителей. Неотъемлемой частью системы теплоснабжения являются системы теплоснабжения, требования к ним должны быть составной частью технического регламента, в частности требования к технологическим функциям систем безопасности; факторы, при появлении которых система безопасности должна вступать в действие.

Специальной темой технического регламента должно быть предотвращение и ликвидация серьезных аварийных нарушений теплоснабжения и требования к взаимодействию субъектов систем теплоснабжения с органами государственной власти и местного самоуправления при ликвидации чрезвычайных ситуаций, вызванных нарушениями теплоснабжения.

В данном случае речь идет о комплексе мер, обеспечивающих:

1. предотвращение и ликвидацию значительных аварийных нарушений теплоснабжения городов - требование иметь планы конкретных противоаварийных мероприятий; технические требования к противоаварийным мероприятиям; особое внимание должно быть обращено на необходимость технических и организационных мер, исключающих полное прекращение теплоснабжения какого-либо микрорайона, тем более крупного, на время, превышающее допустимую величину, заранее установленную в зависимости от температуры наружного воздуха. Надежность жизнеобеспечения крупных городов и мегаполисов должна быть предметом специальных исследований и разработки на их основе комплексных проектно-технических решений под руководством городской администрации, требования к контролю наличия планов, технических средств и ресурсов, необходимых для обеспечения безопасности города при нарушениях теплоснабжения;
2. управление системами теплоснабжения в ситуациях, вызванных нарушениями теплоснабжения (требования к действиям персонала в зонах, где произошло нарушение, к графикам ограничения режима потребления, вводимого в случае необходимости принятия неотложных мер по предотвращению или ликвидации аварий, к правилам отключения (ограничения) потребителей);

3. управление системами теплоснабжения в чрезвычайных ситуациях, с указанием мер, обеспечиваемых МЧС, МВД и местными органами государственной власти.

В тесной связи с приведенным должны быть превентивные меры безопасности потребителей - требование разработки планов технических и организационных мероприятий для снижения риска нарушений работы и сокращения тяжести последствий таких нарушений. Необходима разработка системы установления аварийной и технологической брони, порядка составления и введения графиков ограничения теплоснабжения.

Важно не допустить подмены проблемы безопасности теплоснабжения вопросами безопасного обслуживания оборудования и тепловых сетей, которое само по себе является необходимым и должно составлять одно из направлений в общем комплексе обеспечения безопасности теплоснабжения. В части безопасного обслуживания оборудования и сетей систем теплоснабжения накоплен огромный опыт, который может стать основой для разработки соответствующего технического регламента, национального стандарта и стандартов организации.

Наряду с вопросами безопасного обслуживания оборудования, эти документы должны охватить важные вопросы обеспечения безопасных режимов функционирования тепловых сетей, меры по предотвращению «нештатных» гидравлических режимов, по выполнению переключений для локализации участков сети, а также для сохранения теплоснабжения потребителей.

## Заключение

В выпускной квалификационной работе была описана сущность теплофикации и централизованного теплоснабжения и их влияния на социальную, экономическую и экологическую сред. Централизованное теплоснабжение базируется на использовании крупных районных котельных, характеризующихся значительно большими КПД, чем мелкие отопительные установки. Теплофикация, т. е. централизованное теплоснабжение на базе комбинированной выработки тепла и электроэнергии, является высшей формой централизованного теплоснабжения. Она позволяет сократить расход топлива на 20—25%. При централизованном теплоснабжении мелкие отопительные установки, являющиеся источниками загрязнения воздушного бассейна, ликвидируются, а вместо них используются крупные источники тепла, газовые выбросы которых содержат минимальные концентрации токсичных веществ. Таким образом, централизация теплоснабжения способствует решению крупной задачи современности — охраны окружающей природной среды.

Спроектирована система подпитки для тепловой сети. Она имеет огромное социальное значение, как для производства, так и для населения. Система подпитки тепловой сети обеспечивает восполнение потерь теплоносителя, что в свою очередь способствует качественной и бесперебойной подаче тепла и горячего водоснабжения с температурой не ниже установленной нормы. Комфортная температура в помещениях, как в производственных, так и жилых способствует повышению производительности труда и качества жизни в целом. В системе горячего водоснабжения система подпитки позволяет потребителям получать горячую воду с температурой не ниже установленной нормы (65 °С). При данной температуре мы получаем чистую воду без бактерий, что так же хорошо сказывается на качестве жизни населения.

## Список использованных источников

1. Соколов И.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. – 7-е изд., стереот – М.: Издательство МЭИ, 2001 – 472 с.
2. Гиршфельд В.Я., Морозов Г.Н. Тепловые электрические станции: Учебник для техникумов. – 2-е изд., перераб – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 224 с.
3. Буров В.Д., Дорохов Е.В., Елизаров Д.П. и др. Тепловые электрические станции: Учебник для вузов. - 3-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 466 с.
4. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции: Учебник для теплоэнерг. спец. вузов. – М.-Л.: Энергия, 1967. – 400 с.
5. Хрусталева Б.М. и др. Теплоснабжение и вентиляция: курсовое и дипломное проектирование. - 3-е изд., исправл. и допол. Издательство ассоциации строительных вузов – М., 2008, стр. 784.

## **Приложение**

Технологическая схема подпитки для источника теплоснабжения представлена на листе графического материала формата А-1.