

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**НАО " Казахский агротехнический исследовательский университет имени  
С. Сейфуллина»**

**Энергетический факультет**

**кафедра «Теплоэнергетика»**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА ПО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ  
ПРОГРАММЕ 6В07101 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ, 6В07107  
ЭКОИНЖЕНЕРИЯ И ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ В СЕЛЬСКОМ  
ХОЗЯЙСТВЕ**

**Астана 2023**

Утверждено

НАО "Казахский агротехнический  
исследовательский университет имени  
С. Сейфуллина»

Декан энергетического факультета

Исенов С.С.

2023 г.



Методические указания разработаны в соответствии с правилами выполнения дипломной работы (проекта) в высших учебных заведениях, методическими указаниями системы менеджмента качества в соответствии с ГОСО обучающихся по образовательной программе 6В07101 теплоэнергетическая инженерия, 6В07107 Теплогазоснабжение, вентиляция и Теплогазоснабжение в сельском хозяйстве.

В Методических указаниях по дипломному проектированию подробно изложены требования к написанию дипломного проекта (работы), оформлению пояснительной записки ДР (ДП), структура ДР (ДП) и др.

Рецензент:

1. Тютеебаева Г.М.- к.т.н., ассоциированный профессор кафедры «Теплоэнергетика» КАТИУ им.С. Сейфуллина

Методические указания к выполнению дипломного проекта обучающихся по образовательной программе 6В07101 Теплоэнергетическая инженерия, 6В07107 Экоинженерия и теплогазоснабжение, вентиляция в сельском хозяйстве/

Мергалимова А. К., Жақсылық А.М., Бекишева Ж.Т. – Астана, 2023 \_\_\_стр.

Есть четыре раздела, описывающие этапы дипломного проекта, структуру дипломного проекта для использования. В процессе обучения студенты проводят курсовую работу по проектированию основного оборудования электростанции, поэтому в данном пособии приведен метод расчета тепловой сети.

РАССМОТРЕНО НА ЗАСЕДАНИИ КАФЕДРЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ.

«01» апреля № 17 протокол

Заведующая кафедрой доктор PhD Мергалимова А. К.

УТВЕРЖДЕН ПРЕДСЕДАТЕЛЕМ СОВЕТА ПО АК ЭФ

«03» апреля № 7 протокол

Председатель совета по академическому качеству ЭФ Жантлесова А. Б.

## Содержание

Введение	5
1 Общее положение	7
1.1 Основные требования к дипломному проектированию	7
1.2 Подбор и изучение литературы	9
1.3 Составление плана дипломного проекта	10
1.4 Содержание и структура дипломного проекта	14
1.5 Оформление дипломного проекта	20
2 Указания к проектированию	26
2.1 Анализ графиков тепловых и электрических нагрузок	26
2.2 Указания по выбору оборудования	26
2.3 Пояснения к компоновке и строительной части проекта	34
2.4 Организационно-экономическое содержание дипломного проекта	35
2.5 Анализ расчетов и общие выводы	37
2.6 Графическая часть	37
2.7 Технологическая и тепловая схемы	38
2.8 Компоновка оборудования	39
2.9 Конструктивные чертежи агрегатов	40
3 Технико-экономический расчет при проектировании ТЭС	41
3.1 Абсолютные капиталовложения в строительство ТЭЦ при разнотипном оборудовании с поперечными связями	41
3.2 Удельные капиталовложения	41
3.3 Полезный отпуск теплоты с коллекторов станции	42
3.4 Выработка и отпуск электрической энергии с шин станции	43
3.5 Удельные расходы условного топлива и КПД станции при разнотипном оборудовании	46
3.6 Годовой расход условного топлива при разнотипном оборудовании	47
3.7 Эксплуатационные расходы (издержки) ТЭЦ	49
3.8 Калькуляция себестоимости электрической энергии и теплоты	56
4 Теоретические основы проектирования систем теплоснабжения	60
4.1 Определение тепловых потоков на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение	60
4.2 Графики теплового потребления	62
4.3 Регулирование отпуска теплоты	64
4.4 Определение расходов сетевой воды	72
4.5 Гидравлический расчет тепловых сетей	75
4.6 Гидравлические режимы водяных тепловых сетей	78
4.7 Подбор сетевых и подпиточных насосов	81
4.8 Расчет толщины тепловой изоляции	84
Список рекомендуемой литературы	91
Приложения	96

## Введение

Энергетика – ведущая отрасль народного хозяйства Республики Казахстан. В условиях резкого увеличения мощностей агрегатов, устанавливаемых на тепловых электрических станциях, и усложнения технологического процесса производства электрической энергии возрастают требования к уровню подготовки бакалавра теплоэнергетики.

Важнейшим этапом в учебе студентов является дипломное проектирование. При подборе тематики дипломных проектов следует особое внимание обратить на новизну и перспективность разрабатываемой студентом темы.

Совершенствование структуры генерирующих мощностей является важнейшей задачей энергетики. Для работы в переменной части графика электрических нагрузок требуется создание специального высокоманевренного оборудования.

Цель дипломного проектирования заключается в выявлении степени подготовленности студента к самостоятельной деятельности, закреплению и расширению теоретических и практических знаний по специальности и применение этих знаний при решении конкретных научных, технических, экономических и производственных задач.

Развитие навыков ведения самостоятельной работы, овладение методикой исследования и экспериментирования при решении разрабатываемых в дипломном проекте (работе) задач и вопросов. Для решения этих задач необходимо:

- ознакомиться с соответствующей технической литературой и источниками, также наметить последовательность решения данного вопроса. К каждой консультации руководителем (консультантом) нужно тщательно готовиться.

- самостоятельно работать над дипломным проектом и стремиться к самостоятельности в принимаемых решениях. Консультант, главным образом, направляет работу дипломника, студент сам отвечает за качество и сроки выполнения своего дипломного проекта.

Дипломный проект ОП 6B07101 Теплоэнергетическая инженерия, 6B07107 Теплогазоснабжение, вентиляция и экоинженерия в сельском хозяйстве носит комплексный характер, поэтому разработка его разделов должна быть органически связана между собой. Увязку отдельных разделов следует производить в процессе выполнения всего проекта. Одним из основных требований, определяющих качество дипломного проекта, является своевременность выполнения отдельных частей и всей работы в целом в соответствии с календарным графиком.

По каждому разделу дипломного проекта в установленное время должна быть составлена пояснительная записка и чертежи, которые затем по ходу выполнения других разделов уточняются и дополняются.

Студент получает тему дипломного проекта у руководителя перед началом преддипломной практики. Преддипломная практика используется по возможности для сбора дополнительных материалов, разработки темы углубленной проработки и других вопросов дипломного проекта. Дипломный проект представляет собой глубокое исследование одной из научно-технических тем, связанных с энергетикой. Она может включать в себя теоретические расчеты, экспериментальные исследования, разработку новых схем и конструкций, исследование режимов работы и методов эксплуатации энергооборудования.

Дипломный проект должен базироваться либо на предшествующей научно-исследовательской работе студента, либо на предшествующем курсовом проекте, либо на материалах, полученных студентом при участии в собственной научно-исследовательской работе, или при участии в научно-исследовательской работе кафедры, или в испытаниях, проведенных на объектах энергетики во время преддипломной практики.

Выдача задания (по установленной форме) и основных исходных данных по дипломному проекту, а также контроль ходом выполнения календарного плана и увязка работы по отдельным разделам осуществляется руководителем проекта.

## 1 Общее положение

### 1.1 Основные требования к дипломному проектированию

Дипломный проект является письменной выпускной работой, которая в соответствии с учебным планом ОП 6В07101 Теплоэнергетическая инженерия, 6В07107 Теплогазоснабжение, вентиляция и экоинженерия в сельском хозяйстве выполняется на заключительном этапе обучения.

Целью выполнения дипломного проекта является:

- систематизация, закрепление и расширение теоретических и практических, профессиональных знаний студентов, полученных ими в процессе обучения;
- овладение методикой самостоятельного научного исследования и экспериментирования при разработке и исследовании конкретных вопросов и проблем;
- выявление уровня подготовленности студента, приобретение им практических навыков, профессиональной компетенции, способствующих его самостоятельной работе.

Дипломный проект должен отвечать одному из следующих требований:

- изучение и обобщение результатов исследований и проектных решений, проведенными учеными, аналитиками, практическими специалистами, инженерами;
- содержать научно-обоснованные теоретические выводы и предложения по исследуемому объекту;
- содержать научно-обоснованные результаты, направленные на решение конкретных задач, вопросов и проблем.

Для достижения этих целей студент-выпускник должен решить следующий круг задач:

- обосновать актуальность и значимость выбранной темы;
- провести анализ состояния объекта исследования путем сбора необходимых данных;
- сформулировать конкретные выводы и предложения на основе обобщения полученных результатов в ходе исследования;
- на основе обобщения полученных результатов предложить пути совершенствования деятельности объектов исследования или пути решения конкретных проблем, вопросов и задач.

*Задание по дипломному проекту* – перечень вопросов, подлежащих разработке в дипломном проекте, а также чертежей и других материалов. Задание по дипломному проекту является основанием для разработки дипломного проекта.

*Выпускающая кафедра университета* – кафедра «Теплоэнергетика», ведущая преподавание основных специальных дисциплин соответствующей специальности инженера-теплоэнергетика, организующая дипломное проектирование и отвечающая за выпуск специалистов данной специальности.

*Руководитель дипломного проекта* – профессор, доцент, опытный преподаватель или научный сотрудник университета, а также высококвалифицированный специалист или научный работник предприятий и организаций, назначаемый приказом ректора университета по предложению кафедры «Теплоэнергетика» для руководства студентом в период дипломного проектирования.

*Рецензент дипломного проекта* – высококвалифицированный специалист или научный работник предприятия, организации, привлекаемый выпускающей кафедрой для изучения дипломного проекта и выдачи на него письменной рецензии.

*Нормоконтролер* – преподаватель, научный работник или опытный специалист производства, привлекаемый выпускающей кафедрой для проведения нормоконтроля дипломного проекта.

*Преддипломная практика* – производственная практика студентов на промышленных предприятиях, в научно-исследовательских институтах, проектных организациях и в лабораториях университета, предназначенная для сбора материалов и проведения исследований, необходимых для выполнения дипломного проекта.

*Защита дипломного проекта* – процесс краткого изложения студентом в виде доклада содержания дипломного проекта на заседании аттестационной комиссии, а также ответа на различные вопросы членов экзаменационной комиссии и рецензента. Защита дипломного проекта является основанием для присвоения студенту квалификации инженера-теплоэнергетика в соответствии с полученной специальностью.

*Аттестационная комиссия (АК)* – комиссия, которая проверяет научно-теоретическую и практическую подготовку выпускаемых специалистов, решает вопрос о присвоении им соответствующей квалификации и о выдаче диплома, разрабатывает предложения, направленные на дальнейшее улучшение качества подготовки специалистов.

Тематика дипломных проектов должна быть актуальной, соответствовать современному состоянию и перспективам развития науки, техники и культуры.

При определении тематики дипломных проектов рекомендуется учитывать реальные задачи и проблемы производства, образования, науки и культуры.

Тематика дипломных проектов разрабатывается выпускающей кафедрой в строгом соответствии с **6В07101 Теплоэнергетическая инженерия, 6В07107 Теплогазоснабжение, вентиляция и экоинженерия в сельском хозяйстве**, рассматривается на Совете Энергетического факультета и утверждается приказом ректора.

Студентам предоставляется право выбора темы дипломного проекта из предложенного перечня. Студент может предложить для дипломного проекта свою тему с необходимым обоснованием целесообразности ее разработки.

Наиболее ценным является выполнение дипломного проекта по заказу предприятия. В этом случае разработки дипломного проекта могут быть внедрены в процессе его выполнения или приняты к внедрению. Подтверждением внедрения является справка с предприятия.

## 1.2 Подбор и изучение литературы

Правильный подбор и глубокое изучение литературных источников по избранной теме является одним из важнейших условий успешного выполнения дипломного проекта. Основные литературные источники по соответствующим темам приведены в программах учебных дисциплин, тематических методических указаниях, планах семинарских занятий.

Однако для написания дипломного проекта этих источников недостаточно. Необходимо специально провести подборку и изучить литературу по данной проблеме. Большое внимание уделяется использованию учебников, учебных пособий, монографий и брошюр по специальным вопросам. В обязательном порядке и с должным вниманием следует изучить работы ученых и практиков Казахстана, России и других стран СНГ. Из этих работ можно почерпнуть сведения о схожести проблем развития, также об особенностях движения этих проблем к обществу с рыночной экономикой, выяснить общие направления решения проблемы, затрагиваемой в дипломном исследовании. Немало ценного по теме дипломного проекта может оказаться в специальных журналах, их целесообразно просмотреть не менее чем за два-три последних года.

## 1.3 Составление плана дипломного проекта

Для написания дипломного проекта по представлению кафедры каждому студенту назначается научный руководитель.

*Обязанности научного руководителя дипломного проекта (работы):*

- выдать задание на дипломный проект;
- оказывать студенту помощь в разработке календарного графика работы на весь период дипломного проектирования;
- рекомендовать студенту необходимую основную литературу, справочники и архивные материалы, типовые проекты и другие источники по теме;
- составить расписание консультаций, при проведении которых осуществлять текущий контроль соблюдения студентом календарного графика работы над темой;
- определить объем всех частей и разделов проекта и координировать работу дипломников и консультантов.

Студенту выдается задание на дипломный проект, составленное его руководителем и утвержденное заведующим кафедрой, с указанием срока завершения работы. Задание на дипломный проект подшивается в дипломный проект без нумерации.

Задание на дипломный проект содержит описание исходного материала и источников, перечень вопросов, разрабатываемых студентом, список рекомендованной литературы, перечень графического материала (таблиц, диаграмм, схем и др.), подробный календарный график написания дипломного проекта.

Дипломное проектирование подразделяется на следующие периоды:

- подготовительный;
- разработка и оформление дипломного проекта;
- согласование дипломного проекта;
- защита дипломного проекта.

В подготовительный период выпускающая кафедра «Теплоэнергетика» знакомит студентов с тематикой дипломных проектов, закрепляет за студентами выбранные темы дипломных проектов, назначает руководителей, выдает студентам задания по дипломному проекту, разрабатывает и обеспечивает студентов методическими указаниями, в которых установлен обязательный объем требований к дипломному проекту по данной специальности инженера-теплоэнергетика. Студенты в подготовительный период должны выбрать тему дипломного проекта, ознакомиться и уяснить задание по дипломному проекту.

В период летней преддипломной практики (после 3 курса) кафедра организует контроль за прохождением студентами практики на предприятиях и в организациях, а по окончании практики – прием отчетов о практике и сдачу зачетов.

Студенты в это время должны собрать материалы, необходимые для подготовки дипломного проекта, оформить дневник практики, подготовить письменный отчет о практике и сдать зачет. Срок – согласно приказа о прохождении преддипломной практики.

Этапы подготовительного периода:

- выбор и закрепление тем дипломных проектов;
- назначение руководителей и консультантов дипломных проектов;
- разработка и выдача заданий по дипломным проектам.

Темами дипломных проектов по специальности ОП 6В07101 Теплоэнергетическая инженерия, 6В07107 Теплогазоснабжение, вентиляция и экоинженерия в сельском хозяйстве могут быть:

- проекты новых мощных конденсационных станций, работающих на различных видах топлива;
- проекты промышленно-отопительных или отопительных ТЭЦ;
- проекты тепломеханической части станции с энерготехнологической системой топливоиспользования;
- проекты маневренных энергоблоков комбинированных циклов для покрытия полупиковой и пиковой части графиков нагрузок;
- проекты расширения и модернизации КЭС и ТЭЦ;

- проекты АЭС с реакторами существующих типов, с перспективными реакторами;
- проекты атомных ТЭЦ;
- проекты новых объектов: предприятий, цехов, участков;
- проекты реконструкции тепловых сетей;
- проекты системы теплоснабжения жилых и общественных зданий с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии;
- проекты использования теплоты охлаждающей воды на тепловых электростанциях с внедрением теплонасосных установок и т.д.

Темами дипломных проектов могут быть отдельные вопросы в области различных исследований:

- фундаментальных, выполняемых с целью расширения научных знаний, познания явлений и закономерностей их развития;
- поисковых, направленных на создание принципиально новых изделий, материалов, технологии, методов управления и организации производства;
- прикладных, направленных на использование результатов научных работ в опытно-конструкторских разработках, в проектировании и непосредственно в практической деятельности предприятий.

Закрепление за студентом выбранной темы дипломного проекта производится по его личному письменному заявлению (**приложение**), которое подается студентом после собеседования по теме дипломного проекта с заведующим кафедрой и предполагаемым руководителем (заявление вручается зав. кафедрой).

Если при собеседовании принято положительное решение по выбранной студентом теме, то заведующий кафедрой и предполагаемый руководитель своими подписями на заявлении студента согласовывают тему дипломного проекта.

Изменение темы дипломного проекта производится в исключительных случаях и оформляется приказом по университету на основании письменного заявления студента и представления заведующего выпускающей кафедрой.

Если при выборе темы дипломного проекта на одну тему претендуют несколько студентов, окончательное решение о закреплении темы принимает заведующий выпускающей кафедрой.

Руководитель дипломного проекта в соответствии с утвержденной темой составляет задание по дипломному проекту.

Задание по дипломному проекту оформляется на бланке утвержденного образца (см. Приложение), подписывается руководителем дипломного проекта, студентом и утверждается заведующим выпускающей кафедрой.

Получив задание, студент обязан уяснить поставленные заданием вопросы и, при необходимости, уточнить их с руководителем дипломного проекта или с консультантом.

В период разработки и оформления дипломного проекта кафедра организует рабочие места дипломников (в случае необходимости), систематические консультации преподавателей, периодический контроль за ходом подготовки студентами дипломных проектов.

Студенты за этот период, используя собранный на практике материал, должны разработать и обосновать выбранный вариант технического решения, составить необходимые схемы, произвести расчеты, выполнить чертежи и пояснительную записку, согласовать проект с консультантами.

Пояснительная записка к дипломному проекту должна в краткой и четкой форме раскрывать творческий замысел проекта, содержать методы исследования, принятые методы расчета и сами расчеты, технико-экономическое сравнение вариантов и при необходимости сопровождаться иллюстрациями, графиками, эскизами, диаграммами, схемами.

Перед началом выполнения дипломного проекта студент должен разработать календарный график работы на весь период с указанием очередности выполнения отдельных



этапов и после одобрения его руководителем представить на утверждение заведующему выпускающей кафедрой.

За принятые в дипломном проекте решения и правильность всех данных отвечает студент-автор дипломного проекта.

Информация о готовности дипломного проекта студентами выпускающей кафедры представляется декану факультета. Студент должен представить три отчета о степени готовности дипломного проекта согласно заданию на дипломный проект:

- первый промежуточный отчет о выполнении 1 главы до отъезда на практику в соответствии с графиком учебного процесса;

- второй промежуточный отчет о выполнении 2 и 3 главы – после завершения практики в соответствии с графиком учебного процесса;

- третий отчет о завершении дипломного проекта перед предзащитой – за месяц до начала работы АК в соответствии с графиком учебного процесса.

В случае несоблюдения графика выполнения дипломного проекта и не предоставления отчетов о степени готовности дипломного проекта научный руководитель в письменном виде доводит до заведующего кафедрой информацию для принятия мер.

Законченный дипломный проект, подписанный студентом и консультантом, представляется студентом руководителю. После просмотра и одобрения дипломного проекта руководитель подписывает его и вместе со своим письменным отзывом представляет заведующему кафедрой. В отзыве должна быть характеристика проделанной работы по всем разделам. Заведующий кафедрой на основании этих материалов решает вопрос о допуске студента к защите.

Дипломный проект, допущенный выпускающей кафедрой к защите, направляется деканом факультета на рецензию. Рецензент после разбора проекта и с учетом объяснений студента составляет в письменной форме заключение-рецензию.

#### 1.4 Содержание и структура дипломного проекта

Дипломное проектирование оформляется в виде документа "Дипломный проект", включающий пояснительную записку и графические материалы. Объем дипломного проекта: пояснительная записка - 60-90 страниц, приложения в указанный объем дипломного проекта не включаются и графические материалы - 5-6 листов формата А1.

Пояснительная записка дипломного проекта должна содержать:

- обложка;
- титульный лист;
- задание на выполнение дипломного проекта;
- содержание;
- введение;
- основная часть (общее описание объекта проектирования, исходные данные);
- расчетная часть, согласно теме проектирования;
- раздел охраны труда;
- раздел охраны окружающей среды;
- экономический раздел;
- заключение;
- список использованной литературы;
- приложения.

Обложка и титульный лист являются первыми страницами дипломного проекта и служат источниками информации, дающей сведения для обработки и поиска документа.

Обложка и титульный лист дипломного проекта не нумеруются, но входят в общее количество страниц. Формы обложки и титульного листа приведены в Приложениях.

Содержание дипломного проекта записывается в виде заголовка с прописной буквы. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, заглавная буква - прописная. Содержание включает введение, наименование всех разделов, подразделов и пунктов, заключение, список использованных источников и приложения с указанием номеров страниц, на которых размещается начало данного материала. Пример оформления содержания представлен в приложениях данного методического пособия.

Введение должно состоять из трех смысловых частей. В первой части рекомендуется обосновать тему дипломного проекта. Во второй части приводится формулировка цели проекта, оценивается актуальность выбранной темы и пути решения поставленной задачи. В третьей части приводится описание объекта дипломного проектирования, краткие сведения о климате местности, о численности населения, о перспективах развития, о стратегии развития Казахстана.

Объем введения может составлять 1-2 страницы.

В основной части дипломного проекта приводят:

- характеристику тепловых и электрических нагрузок жилого района или промышленного предприятия, для которого проектируется электрическая станция;
- обоснование сооружения новой или реконструкции действующей станции;
- обоснование типа электростанции и вида сжигаемого топлива;
- обоснование отклонения от типовых решений;
- описание электростанции (техническая характеристика новой или реконструируемой ТЭС);
- выбор и обоснование установки основного и вспомогательного оборудования станции (котлы, турбины, тягодутьевые устройства, насосы, бойлеры и т.д.) и его краткое описание;
- описание компоновки главного корпуса;
- анализ работы других участков электростанции (топливного хозяйства, водоподготовки, систем водоснабжения, автоматизации, электроснабжения).

Основная часть дипломного проекта делится на разделы и подразделы.

Для выполнения расчетной части в данном методическом пособии предлагаются различные методики расчетов по существующим тематикам дипломных проектов по образовательной программе 6В07101 Теплоэнергетическая инженерия, 6В07107 Экоинженерия и теплогазоснабжение, вентиляция в сельском хозяйстве. Заключение объемом 1-2 страницы должно содержать краткие выводы по результатам дипломного исследования, оценку полноты решения поставленных задач, конкретные предложения и рекомендации по проектированию, а также срок окупаемости проекта.

Список использованной литературы представляет собой перечень использованных научных, учебных, периодических, законодательно-нормативных, статистических, электронных и других источников, оформленных в соответствии с установленными требованиями к научным работам и должен включать не менее 30 источников. Образец оформления списка использованной литературы приведен в **приложении**.

В Приложения включаются материалы, связанные с выполнением дипломного исследования, которые не нашли отражения в основной части и могут быть представлены в виде таблиц, рисунков, инструкций, технических описаний, программных продуктов, расчетов и т.д.

Все перечисленные разделы пояснительной записки (кроме титульного листа) являются одновременно их названиями. Каждый раздел должен начинаться с новой страницы.

*Расчеты основной части по проектированию ТЭС:*

- 1 Расчет необходимой мощности станции и подбор основного оборудования (турбины, котлы) – принципиальной тепловой схемы;
- 2 Расчет турбины;
- 3 Расчет котла до теплового баланса (включительно);
- 4 Описание водоподготовительной установки (ВПУ) без расчета.

*Расчеты основной части по проектированию парогазотурбинной установки (ПГТУ):*

1 Расчет необходимой мощности станции и подбор основного оборудования (газовая турбина, котел-утилизатор, паровая турбина) – расчет принципиальной тепловой схемы станции;

2 Расчет компрессора, камеры сгорания, газовой турбины;

3 Расчет котла-утилизатора;

4 Расчет паровой турбины.

*Расчеты основной части по проектированию котельной:*

1 Подбор необходимого оборудования котельной – расчет тепловой схемы котельной;

2 Расчет котла (парового либо водогрейного–методики разные);

3 Описание и расчет ВПУ.

*Расчеты основной части по реконструкции котла:*

1 Расчет котла до реконструкции;

2 Расчет котла после реконструкции;

3 Расчет узла реконструкции.

*Расчеты основной части по использованию ВЭР:*

1 Расчет металлургической печи

2 Расчет котла-утилизатора либо теплообменного аппарата

*Расчеты основной части по использованию нетрадиционных источников энергии:*

1 Расчет отопления (сколько теплоты нужно для создания необходимого микроклимата) жилого дома, либо общественного здания или сооружения на предприятии;

2 Выбор нетрадиционного возобновляемого источника энергии;

3 Расчет оборудования возобновляемых источников энергии (теплонасосных установок, ФЭП, аккумуляторов, инверторов, контроллеров, солнечных коллекторов, баков-аккумуляторов, ветроустановки, биогазогенератора и т.д.).

*Расчеты основной части по тепловым сетям:*

1 Описание реконструкции тепловой сети;

2 Определение температурного графика, построение графика Россандера;

3 Расчет гидравлических характеристик и нагрузок насоса согласно профилю теплотрассы участка.

*Расчеты основной части по энергоаудиту зданий:*

1 Расчет тепловых потерь через ограждающие поверхности по комнатный (подробный);

2 Гидравлический расчет системы отопления;

3 Расчет радиаторов системы отопления;

4 Описание предложенных мероприятий по энергосбережению.

*Расчеты остальных частей:*

По охране труда – расчет вентиляции, либо освещения, либо вибрации, либо изоляции, либо теплового экрана и т.д;

По охране окружающей среды – расчет выбросов, расчет золоулавливающей установки, расчет высоты дымовой трубы;

По экономике – удельные экономические показатели (удельный расход топлива и себестоимость продукции), капитальные затраты и издержки, прибыль и срок окупаемости.

Состав и содержание графического материала дипломного проекта определяется заданием на выполнение дипломного проекта.

В графическую часть проекта рекомендуется включить следующие чертежи:

- генеральный план станции и розу ветров (обязательно);

- тепловую схему станции;

- продольный разрез станции или компоновку главного корпуса (вид сверху);

- чертеж модернизации (до и после реконструкции);

- чертеж узла модернизации;

- продольный разрез турбины;

- продольный разрез котла;

- автоматику (либо котла, либо турбины);
- разрез металлургической печи;
- разрез теплообменного аппарата;
- по желанию, согласно теме, согласовав с руководителем дипломного проекта.

Перед защитой в аттестационную комиссию представляются следующие документы:

- 1) Отзыв руководителя;
- 2) Дипломный проект;
- 3) Рецензия на дипломный проект;
- 4) Справка о прохождении антиплагиата;
- 5) Лист нормоконтроля;

Защита дипломных проектов проводится на открытом заседании аттестационной комиссии. Перед защитой зачитывается характеристика дипломника, затем дипломник не более 15 минут докладывает содержание выполненной им работы: задачи проекта, обоснование принятых решений по выбору метода /схемы/, конструкцию оборудования, способы энергоснабжения и переработки сырья в готовый продукт, условия и режим эксплуатации, результаты технико-экономического анализа, механизации труда и техники безопасности при монтаже и эксплуатации, а также охране окружающей среды.

По окончании доклада зачитывается рецензия и отзыв руководителя. В целях выявления уровня подготовки дипломника члены АК и присутствующие на защите слушатели могут задавать ему вопросы, связанные с содержанием дипломного проекта и профилем присваиваемой квалификации. Решение об оценке дипломного проекта и о степени подготовки дипломника принимается аттестационной комиссией на закрытом заседании простым большинством голосов.

При оценке защиты дипломного проекта учитывается: качество выполненного проекта (работы), новизна и оригинальность решений, глубина проработки, степень самостоятельности работы дипломника, качество расчетно-графических работ, техническая эрудиция, содержание доклада, ответы на вопросы, умение излагать мысли и владеть научно-технической терминологией, практическая подготовка дипломника, отзывы рецензента и руководителя проекта.

Качество проекта и его защиты определяется совокупно одной оценкой по четырехбальной системе. Студенты, выполнившие все требования учебного плана и защитившие дипломные проекты, получают диплом об окончании университета с указанием присвоенной им квалификации.

Студенты, выполнившие учебный план по всем предметам с оценкой «отлично» не менее чем по 75 % предметов, а по остальным дисциплинам – с оценкой «хорошо», и сдавшим государственные экзамены и защитившими выпускную работу с оценкой «отлично», получают диплом с отличием.

Решение аттестационной комиссии присвоении квалификации дипломникам, защитившим дипломные проекты, объявляются на открытом заседании после защиты, а затем приказом по институту, после чего декан факультета вручает инженерам–выпускникам дипломы установленного образца.

Студенты, выполнившие в срок дипломный проект, но получившие при защите неудовлетворительную оценку, или не выполнившие дипломный проект в установленный срок, отчисляются из университета.

## 1.5 Оформление дипломного проекта

Каждый студент проходит процедуру нормоконтроля на соответствие дипломного проекта требованиям по оформлению. Соответствие дипломного проекта требованиям оформляется листом нормоконтроля, который подписывается нормоконтроллером и студентом, и вкладывается в дипломную работу в конверт.

Нормоконтролеры назначаются заведующим кафедрой из числа ППС выпускающей кафедры. Форма листа нормоконтроля приведена в приложении.

### 1.5.1 Правила оформления текстовой части дипломного проекта

Дипломный проект должен быть выполнен печатным способом с использованием компьютера и принтера на одной стороне листа белой бумаги формата А4 через один интервал. Шрифт - Times New Roman (обычный), кегль - 14. Необходимо соблюдать равномерную плотность, контрастность и одинаковую четкость изображения по всей работе. Дипломный проект должен иметь твердый (книжный) переплет.

Необходимо соблюдать следующие параметры страницы: поля - левое - 30 мм, правое - 10 мм, верхнее - 20 мм, нижнее - 25 мм. Абзацный отступ - 12,5 мм.

Опечатки, описки, графические неточности, обнаруженные в процессе дипломного проекта, допускаются исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) печатным или рукописным способом (черными чернилами, черной тушью или гелиевой ручкой).

Фамилия, названия учреждений, организаций, фирм, названия изделий и имена собственные в дипломном проекте приводят на языке оригинала.

Каждая глава (раздел) и каждый параграф (подраздел) должны содержать законченную информацию и в совокупности раскрывать тему дипломной работы.

Наименования глав (разделов) и параграфов (подразделов) следует печатать с абзацного отступа с прописной (заглавной буквы) без точки в конце, не подчеркивая. Если название состоит из двух предложений, то они разделяются точкой.

Страницы нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией по всему тексту. Номер страницы проставляется в центре нижней части страницы без точки.

Обложка, титульный лист и задание на дипломный проект не нумеруются, но включаются в общую нумерацию страниц.

Содержание и первый лист введения не нумеруются, но также входят в общую нумерацию страниц. Нумерация страниц начинается со второго листа введения и далее по тексту.

Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, включают в общую нумерацию страниц дипломного проекта. А также формат А3 учитывать как одну страницу.

Главы (разделы) дипломного проекта должны иметь порядковые номера в пределах всей работы, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа. Параграфы (подразделы) должны иметь нумерацию в пределах каждой главы (подраздела), разделенных точкой. В конце номера параграфа (подраздела) точка не ставится.

Пример:

#### **1 Основная технологическая часть**

*2 пробела*

##### **1.1 Характеристики и краткое описание турбины Т-120/130-13**

*2 пробела*

##### **1.2. Построение рабочего процесса расширения пара в турбине**

Каждая глава (раздел) дипломного проекта начинается с нового листа, страницы. Текст от наименования главы и параграфа отделяется интервалом в две строки (два Enter). Параграфы (подразделы) внутри одной главы разделяются между собой интервалом в две строки (два Enter) от текста. Названия глав (разделов) и параграфов (подразделов) печатаются с прописной (заглавной) буквы, не берутся в кавычки, в конце наименования точка не ставится.

Иллюстрации (чертежи, карты, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые или на следующей странице. Иллюстрации могут быть цветными и нумероваться арабскими

цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумерация в пределах главы (раздела). На все иллюстрации должны быть даны ссылки. Иллюстрации, рисунки при необходимости могут иметь наименования и пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «рисунок» и его наименование помещают после его пояснительных данных и располагают следующим образом:

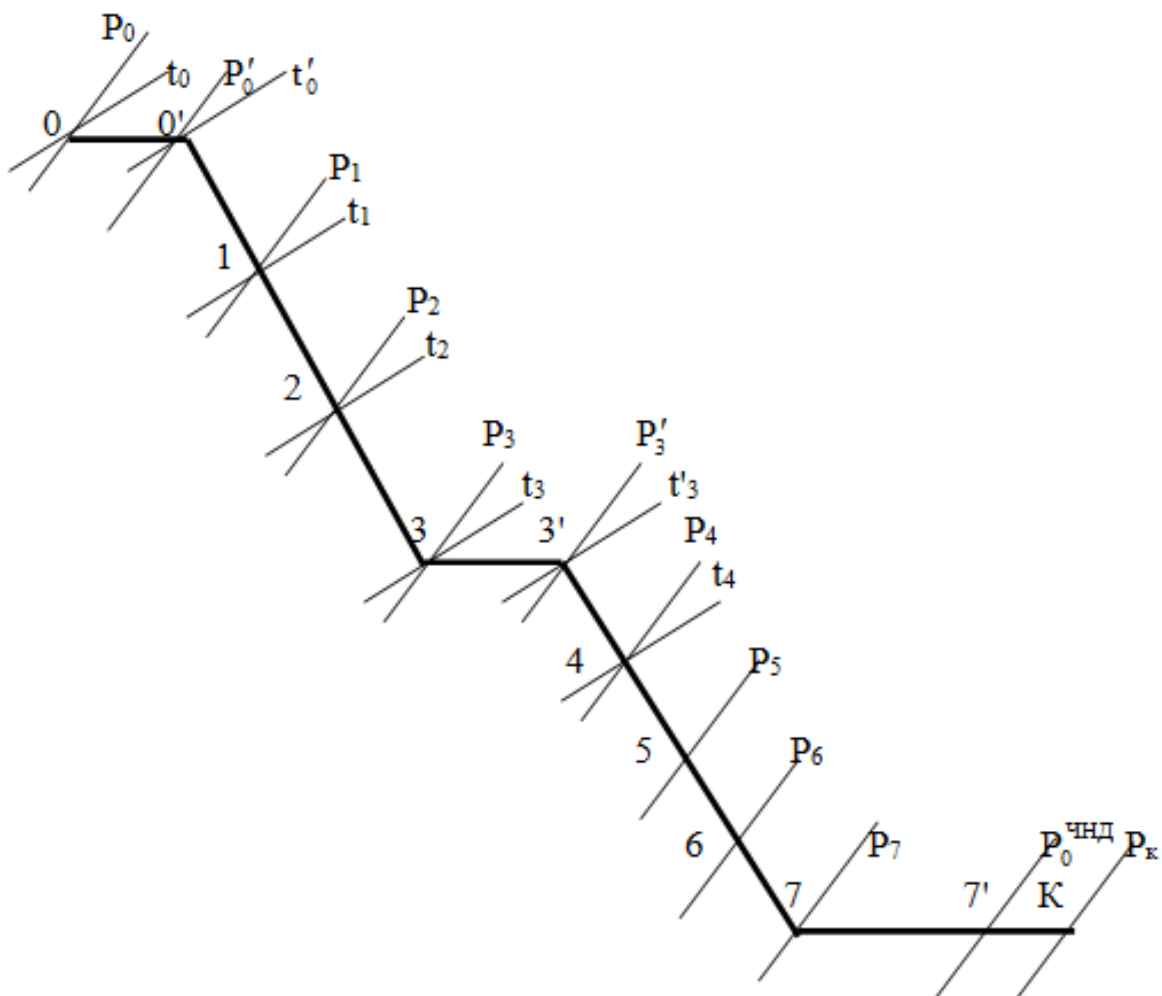


Рисунок 1.1 - Процесс расширения пара в отборах турбины в is- диаграмме

Таблицы должны располагаться непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые или на следующей странице. На все таблицы должны быть даны ссылки. Название таблицы следует помещать под таблицей с абзачным отступом на следующей строке после слов «Таблица» и ее номера.

Пример:

Таблица 1

Параметры пара по процессу расширения

Точка	Давление, $P_i$ , МПа	Температура, $t_i$ , °С	Энтальпия, $h_i$ , кДж/кг
0	13	555	3480
0'	12,61	548	3480
1	3,23	430	3225

2	2,156	355	3134
3	1,425	280	2987
3'	1,275	-	2987
4	0,51	200	2878
5	0,305	150	2765
6	0,1928	104	2685
7	0,0749	89	2627
К	0,00343	25	2627

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист (страницу). При переносе части страницы на другой лист, страницу слово «Таблица» и ее номер и название указывают один раз слева над первой частью страницы, над другими частями пишут «Продолжение таблицы 1» с указанием номера. При переносе части таблицы нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую таблицу, не проводят. Таблицу с большим количеством граф целесообразно выносить в приложение.

В таблицах должны быть указаны единицы измерения приводимых величин, соблюдаться правила их сокращения. Не допускаются произвольное сокращение в графах и другом тексте. В текстовых материалах таблицы в конце предложений точка не ставится.

Если повторяющийся в графе таблицы текст состоит из одного слова, его допускается заменять кавычками после первого написания; если - из двух или более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее - кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не допускается. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк. Таблицы нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией. В таблице допускается применять меньший размер шрифта, чем в тексте.

**Примечание** следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которой относятся эти примечания. Примечания к таблице помещают в конце таблицы над горизонтальной линией, обозначающей окончание таблицы.

Слово «Примечание» следует печатать с прописной буквы, с абзаца, в разрядку и не подчеркивая. Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и примечание печатается с прописной буквы. Одно примечание не нумеруется, несколько примечаний нумеруются по порядку арабскими цифрами без проставления точки.

**Формулы и уравнения** в тексте выделяются в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не уместится в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения (x), деления (:) или других математических знаков, причем знаки в следующей строке повторяют.

Пояснение значения символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и коэффициента следует давать с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия.

Формулы в дипломной работе (проекте) следует нумеровать порядковой нумерацией, в пределах всей работы арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке.

Пример:

$$D_{пв} = (1 + \alpha + \beta) D_{ка} \quad (1.1)$$

$$D_{пв} = (1 + 0,012 + 0,02) 420 = 433 \text{ т/ч}$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$  – соответственно доли расхода питательной воды на продувку и собственные нужды.

Ссылки на использованные источники приводятся в квадратных скобках. При неоднократной ссылке на один и тот же источник в квадратных скобках, кроме порядкового номера источника, проставляются соответствующие страницы. Количество ссылок в тексте должно соответствовать числу источников в списке использованной литературы.

Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте дипломного проекта, нумеровать арабскими цифрами без точки и печатать с абзацного отступа.

Приложение оформляют как продолжение дипломного проекта и располагают после списка использованной литературы. На все приложения должны быть ссылки в тексте. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте. Каждое приложение начинается с новой страницы с указанием сверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначения с прописной буквы и указанием номера. Названия приложений печатают на следующей строке симметрично тексту с прописной буквы отдельной строкой. Приложения нумеруются арабскими цифрами и должны иметь общую сквозную нумерацию страниц с остальной частью дипломной работы (проекта).

## **2 Указания к проектированию**

### **2.1 Анализ графиков тепловых и электрических нагрузок**

При подборе материалов следует обратить особое внимание на графики электрической и тепловой нагрузок в районах реконструируемой или проектируемой станции. Графики нагрузок обычно строят по видам потребляемой энергии для определенных отрезков времени: суточные, сезонные и годовые.

Для КЭС при составлении графиков электрической нагрузки пользуются типовыми суточными графиками, составленными для определенных групп потребителей по статистическим данным. На основании суточных графиков, составленных для зимы, лета и т.д. требуется построить годовой график нагрузки по ее продолжительности, в котором нагрузки расположены по оси ординат в порядке их убывания. Для упрощения построения графика ограничиваются зимним и летним суточными графиками, принимая продолжительность зимнего и летнего периодов равной условно некоторому числу дней в году.

### **2.2 Указания по выбору оборудования**

#### **2.2.1 Общие требования по выбору оборудования**

Для обоснования установки оборудования необходимо оценить величину резервной мощности агрегатов, которая складывается из аварийного и ремонтного резервов. Общая величина резерва мощности в основных энергосистемах нашей страны должна быть не менее 5-10 %. Пользуясь графиком электрических нагрузок по продолжительности, можно выбрать мощность отдельных агрегатов, наиболее рациональных с точки зрения их использования, определить коэффициент использования установленной мощности станции и число часов ее использования.



Тип турбин и котлов, устанавливаемых на ТЭС, выбирают в соответствии с утвержденными «Нормами технологического проектирования тепловых электростанций». На конденсационных электростанциях и ТЭЦ без промежуточного перегрева пара применяются, как правило, схемы с поперечными связями. Единичная мощность конденсационных блоков электростанций в энергосистемах принимается более крупной с учетом перспективного развития объединенной энергосистемы, а на станциях, входящих в изолированные системы - на основе технико-экономического анализа с учетом величины аварийного резерва.

При выборе мощности и количества турбин необходимо стремиться к наибольшей степени использования агрегата в течение года (коэффициент использования установленной мощности должен быть максимальным) и к наименьшему годовому расходу топлива.

Для КЭС с промежуточным перегревом пара, входящих в крупные энергосистемы, применяются блочные схемы предпочтительно с одним парогенератором на турбину (моноблок).

Котельные агрегаты паропроизводительностью выше 400 т/ч должны выполняться, как правило, с газоплотными панелями, газомазутные котлы - преимущественно под наддувом, пылеугольные - под разрежением.

Паропроизводительность и число энергетических парогенераторов на ГРЭС выбираются по максимальному пропуску острого пара через турбину при номинальной мощности с учетом собственных нужд и с запасом до 3 %.

Установка дополнительных парогенераторов (резервных и ремонтных) для ГРЭС, входящих в энергосистемы, не предусматривается. Для изолированных электростанций выбор агрегатов производится таким образом, чтобы при остановке одного из них, оставшиеся обеспечили покрытие электрических нагрузок с учетом допускаемого потребителями регулирования.

Выбор мощности котлов и турбин должен учитывать возможность их ревизии и ремонта в периоды понижения нагрузок станции. Мощность, тип и параметры отдельных турбин и парогенераторов желательно иметь одинаковыми для упрощения ремонта и обслуживания станции. Для электростанции с давлением до 4,0 МПа применяют барабанные парогенераторы, до 9,0-13,0 МПа - барабанные и прямоточные. Для станций с давлением свыше 13,0 МПа применяют прямоточные парогенераторы.

### 2.2.2 Выбор оборудования ТЭЦ

При проектировании ТЭЦ, работающей в энергосистеме, мощность и тип теплофикационных турбин определяется главным образом тепловой нагрузкой, т.е. графиками тепловой нагрузки и параметрами теплопотребителя. Недостаток электрической энергии для снабжения потребителей удовлетворяется за счет энергосистемы, и наоборот, избыточная электроэнергия от ТЭЦ направляется в систему.

Потребление тепла от ТЭЦ в общем случае производится на технологические цели, отопление и вентиляцию жилых и производственных зданий, горячее водоснабжение для бытовых нужд и частично для производства. Графики технологического потребления тепла зависят от особенностей производства, режима работы и т.д. При составлении суточных тепловых графиков нагрузки для каждого потребителя требуется знать режим работы его оборудования и нормы количества тепла, расходуемого различными видами производства на единицу вырабатываемой продукции. Для каждого потребителя определяют потребные расходы тепла по часам суток, причем потребителей с одинаковыми параметрами группируют и графики потребления суммируют отдельно для каждой группы потребителей.

Технологическая нагрузка по теплу для ряда предприятий характеризуется равномерным потреблением в течение всего года, например, для химической и нефтехимической промышленности. Для машиностроительной, пищевой и ряда других видов промышленности годовой график тепловой нагрузки характеризуется резким

снижением нагрузки в летний период работы предприятий. Таким образом, характер графика тепловой нагрузки определяет тип и мощность теплофикационных турбин.

При равномерном графике в течение года следует выбирать к установке на станции противоавтоматические турбины как наиболее простые, дешевые и экономичные по сравнению с другими типами турбин. При колеблющемся характере тепловых нагрузок требуется установка турбин с регулируемыми отборами пара, которые позволяют более гибко удовлетворять потребности в электрической и тепловой энергии потребителя.

Рекомендуется следующая последовательность установки турбин на промышленных ТЭЦ: в первую очередь необходимо устанавливать не более одной-двух турбин типа ПТ в начальный период ввода производственных мощностей. Последующий рост тепловых нагрузок необходимо удовлетворять установкой противоавтоматических турбин. Такой подбор оборудования обеспечит достижение минимума низкоэкономичной конденсационной выработки электроэнергии на ТЭЦ и соответствующий рост экономии топлива. Следовательно, основная часть графика тепловой нагрузки должна покрываться за счёт противоавтоматических турбин, пиковая часть - турбинами с регулируемыми отборами пара.

При выборе типа и мощности турбин на промышленных ТЭЦ следует также учитывать перспективное использование тепла вторичных энергоресурсов предприятия. В этом случае требуется тщательное изучение технологических процессов производства и удельных норм расходов энергии на единицу выпускаемой продукции.

При выборе паропроизводительности котельных агрегатов ТЭЦ необходимо руководствоваться следующими правилами:

- для блочных ТЭЦ, входящих в энергосистему – по максимальному пропуску пара через турбину с учетом собственных нужд и запасом до 3 %, при выходе из работы одного блока оставшиеся (с учётом работы всех пиковых котлов) должны обеспечить средний за наиболее холодный месяц отпуск тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение;

- для не блочных ТЭЦ, входящих в энергосистему - по максимальному расходу пара с тем, чтобы при выходе из работы одного парогенератора, оставшиеся, включая пиковые, обеспечили максимально длительный отпуск пара на производство и средний за наиболее холодный месяц отпуск тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение (при этом допускается снижение электрической мощности на величину до 10 %).

При проектировании отопительной ТЭЦ необходимо построить график тепловой нагрузки отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Расход тепла на отопление и вентиляцию характеризуется равномерностью в течение суток и резкой неравномерностью в течение года, изменяясь от нуля летом до максимума зимой. Тепловая мощность отопления и вентиляции находится в прямой зависимости от температуры наружного воздуха, то есть климатических факторов района. Для определения максимального потребления количества тепла на отопление принимают минимально расчетную температуру наружного воздуха в зависимости от климатического пояса, для которого проектируется ТЭЦ. В теплофикационных системах отопительных ТЭЦ температура прямой сетевой воды принимается равной 130 °С, при развитой системе теплопроводов для крупных населенных центров – 150 °С, а для ТЭЦ, сооруженных за пределами городской черты - до 180 °С. Температуру обратной сетевой воды обычно принимают равной 70 °С при расчетной температуре наружного воздуха.

Потребление тепла на горячее водоснабжение характеризуется значительной неравномерностью в течение суток, снижаясь ночью до нуля и повышаясь в вечерние часы.

Расход тепла на горячее водоснабжение принимают по нормам расхода воды соответствующими потребителями. Температура воды, отпускаемой на горячее водоснабжение от ТЭЦ, должна быть не выше 70 °С. В практических расчетах принимают расход тепла на горячее водоснабжение в количестве 15-30 % от максимальной величины отопительной нагрузки.

Большое значение для определения режима работы отопительной ТЭЦ и проектирования теплоснабжения имеет график годовой продолжительности отопительно-вентиляционных и бытовых нагрузок.

Для построения годового графика продолжительности тепловых нагрузок необходимо:

- знать длительность стояния различных температур наружного воздуха отопительного периода для данного климатического пояса;
- построить часовой график расхода тепла в зависимости от температуры наружного воздуха;
- принять график зависимости температуры сетевой воды от температуры наружного воздуха. Пиковую часть отопительной нагрузки покрывают за счет установки пиковых подогревателей или специальных водогрейных котлов. Базовую часть покрывают за счет основных сетевых подогревателей, потребляющих пар из отборов турбины.

При распределении тепловой нагрузки между пиковыми и основными подогревателями следует правильно выбирать расчетный коэффициент теплофикации  $\alpha$ . Оптимальное значение  $\alpha$  зависит от характера и графика тепловой нагрузки, типа турбин и ряда других величин. Коэффициент теплофикации определяется технико-экономическими расчетами. В случае постоянной технологической нагрузки в течение года принимают  $\alpha = 0,7-0,8$ ; при сезонной отопительной нагрузке для ТЭЦ высокого давления  $\alpha = 0,5-0,7$  и для ТЭЦ среднего давления  $\alpha = 0,4-0,7$ .

При проектировании ТЭЦ могут быть заданными тип и мощность теплофикационных турбин. Тогда, задаваясь величиной  $\alpha$ , можно определить максимальное количество тепла, отдаваемое от ТЭЦ, а, следовательно, и пиковую часть нагрузки при расчетной температуре наружного воздуха. Далее, для определения годового количества тепла, отдаваемого из отборов турбин и пиковых водогрейных котлов, потребуется также построить график тепловой нагрузки по ее продолжительности.

При выборе турбин следует стремиться к максимальной выработке электрической энергии на тепловом потреблении путем установки на ТЭЦ противоаварийных турбин с регулируемым отбором пара. Установка конденсационных турбин на ТЭЦ не допускается.

Мощность турбин выбирается по величине тепловых нагрузок при выполнении следующих условий:

- полное удовлетворение из отборов турбин максимальной потребности в паре для технологических целей производства и собственных нужд станции;
- удовлетворение потребности в паре системы горячего водоснабжения по средней нагрузке за неделю;
- покрытие паром из отборов турбин 50-60 % максимальной теплофикационной нагрузки  $\alpha = 0,5-0,6$ . Остальные 40-50 % теплофикационной нагрузки представляют собой пиковую нагрузку и покрываются пиковыми водогрейными котлами или котлами низкого давления.

### 2.2.3 Материальный баланс производства

Материальный баланс составляется для определения соотношения реагирующих масс и количества получаемых продуктов, полупродуктов и отходов производства. В итоге расчета материального баланса определяются расходные коэффициенты сырья и вспомогательных материалов на единицу выпускаемой продукции (если эти коэффициенты не были предусмотрены заданием) и выявляется ёмкость и мощность оборудования. Результаты расчетов сводятся в таблицу. Полученные данные позволяют сравнить практические расходные коэффициенты с вычисленными теоретическими, а также выявить места и причины главных потерь сырья и продуктов в производстве.

### 2.2.4 Тепловой расчет агрегатов и установок

Тепловой расчет агрегатов производится на основе данных материального баланса по уравнениям теплового баланса и теплопередачи. Он складывается из двух этапов: первый - расчет теплового баланса процесса, агрегата (аппарата), второй - на основе теплового баланса - определение необходимых расходов и величины теплопередающих поверхностей, объема агрегатов, поверхности испарения и т.д.

Тепловое оборудование должно проектироваться с учетом достижения оптимальной и максимально возможной, в данных условиях, интенсификации процессов тепломассообмена. При этом необходимо учитывать тепловые и материальные потери в коммуникациях.

#### 2.2.5 Конструктивные или поверочные расчеты оборудования

По данным материальных и тепловых расчетов определяются конструктивные размеры агрегатов (аппаратов) и их основных элементов, а также их общая компоновка. Исходными данными для конструкционного расчета являются: физико-химические свойства, расходы и скорости движения рабочих сред; начальные и конечные температуры; поверхности тепло-и массообмена; технико-экономические соображения по капитальным и эксплуатационным затратам.

Большое значение имеет выбор конструкционных материалов с учетом их обработки, прочности и свойств среды. В поверочных расчетах для имеющихся агрегатов определяется производительность, конечные параметры среды, материалов, общие потери давления.

#### 2.2.6 Гидравлический расчет элементов и схемы в целом

Для подбора нагнетательных устройств необходимо произвести гидравлический расчет агрегатов, затем выполнить компоновку всех коммуникаций рассчитываемой системы (сети), определить их линейные и местные гидравлические сопротивления. Сумма всех полученных сопротивлений может быть положена в основу для подбора в каталогах компрессоров, насосов, вентиляторов, дымососов и др., определения их КПД, расчета мощности и подбора двигателей.

#### 2.2.7 Расчеты и выбор вспомогательного оборудования

Расчет и подбор вспомогательного оборудования производится по специальной литературе и каталогам в зависимости от назначения и производительности.

#### 2.2.8 Расчет на прочность элементов и узлов оборудования

Согласно правилам Госгортехнадзора все сосуды, работающие под давлением или вакуумом, должны обеспечивать определенную прочность и плотность при испытании и эксплуатации. Расчету на прочность подлежат следующие основные элементы аппаратов, сосудов и емкостей: цилиндрические обечайки корпуса, днища, трубные решетки, элементы поверхности теплообмена, разъёмные прочноплотные соединения, укрепление вырезов в аппаратах, несущие конструкции, опоры, фундаменты и прочее (по указанию руководителя).

При температурах теплоносителя выше 100 °С необходимо проверить температурные напряжения в трубах и корпусе, выяснить необходимость установки компенсаторов. Исходными данными для расчета на прочность элементов аппаратов являются результаты теплового и конструктивного расчетов с учетом химической агрессивности среды и характера нагрузки (колебания давления и температуры среды, вибрации, взрывы и т.д.).

#### 2.2.9 Охрана труда, техника безопасности, противопожарные мероприятия на объекте и охрана природы

При проектировании технологических установок необходимо руководствоваться противопожарными требованиями и санитарными нормами проектирования промышленных предприятий.

Производства согласно противопожарным нормам по степени их пожароопасности делятся на 5 классов. Согласно правилам устройства электроустановок по горючим газам и парам легковоспламеняющихся жидкостей предусмотрено 3 класса взрывоопасных помещений. Согласно указанным правилам и нормам проектируется технологическое оборудование и подбираются электродвигатели, приборы и электроустройства во взрывоопасном исполнении.

Оборудование, в котором производственные процессы сопровождаются выделением взрывоопасных газов и паров, а также ядовитых и вредных для здоровья веществ, должно быть герметичным и оснащено автоматическими системами противопожарной защиты. В качестве противопожарных мероприятий необходимо предусматривать противопожарные устройства (водопроводы, сплинкерные системы, автоматические устройства пожаротушения и др.).

Все движущиеся и вращающиеся части машин и аппаратов должны оборудоваться надежными ограждениями. Нагретые поверхности оборудования и теплоиспользующих агрегатов должны иметь изоляцию и защитные устройства.

Электрооборудование должно иметь защитные устройства от поражения электрическим током. Процессы со значительным выделением пыли и вредных веществ изолируются и оснащаются необходимой вентиляцией.

В дипломном проекте приводятся общие мероприятия по охране труда и технике безопасности, индивидуальные средства защиты и профилактические меры санитарной гигиены. Вентилирование помещений и обеспечение метеорологических условий в производственных помещениях должны соответствовать санитарным нормам. При этом необходимо выполнить расчеты, связанные с воздухообменом (кратности обмена) и тепловыделения с целью отвода избытков тепла в рабочих помещениях.

В дипломном проекте должны предусматриваться установки по очистке газовых выбросов и сооружения по обезвреживанию сточных вод в соответствии с требованиями санитарных норм.

### 2.3 Пояснения к компоновке и строительной части проекта

В дипломном проекте рассматриваются строительные монтажные чертежи, в которых представляются технические решения по компоновке оборудования и строительным конструкциям зданий и сооружений.

При выполнении графических работ необходимо соблюдать СНиПы и ГОСТы, регламентирующие тип здания, строительную сетку колонн, высоту этажей, типовые конструкции перекрытий и устройства кровли, а также строительных деталей, необходимых для объемно-конструктивной компоновки и монтажа оборудования. Не допускается изображение элементов зданий, крыши, перекрытия и т.д. одной линией.

Приводятся пояснения, а иногда и расчеты принятых решений: в частности, обоснование выбора типа здания, подъемно-транспортных устройств, несущих ограждающих конструкций, устройство фундамента, полов и монтажных проемов.

В соответствии со строительными нормами здания должны иметь в плане форму прямоугольника. Взрывопожарные установки размещаются в одноэтажном помещении с легкобрасываемой крышей. Многопролетные здания проектируются из стандартных строительных элементов-железобетона. Величина пролетов зданий принимается равной 12, 18, 24, и 30 м; шаг колонн – 6 и 12 м, а высота одноэтажного помещения определяется

высотой и размерами оборудования, но не менее 4,2 м. На плане здания должны быть представлены окна, ворота, двери, перегородки. При разработке строительно-монтажных решений необходимо учитывать следующие требования:

- аппараты, содержащие жидкости с низкой температурой отвердения или кристаллизации (10-15 °С), размещают в отапливаемых помещениях во избежание застывания:

- процессы, связанные с выделением агрессивных веществ (пары кислот, пылящие продукты и др.) необходимо размещать в изолированных помещениях и предусмотреть облицовку стен, кислотостойкие полы, керамические канализации и т.д.;

- громоздкую аппаратуру с взрывоопасными и взрывопожарными процессами (ректификационные колонны, отстойники, хранилища и т.п.) надлежит размещать на открытых площадках.

## 2.4 Организационно-экономическое содержание дипломного проекта

В организационно-экономической части проекта студент должен показать свое умение творчески применять полученные знания в области экономики, организации и планирования производства. Задача дипломника заключается в нахождении таких решений, которые обеспечили бы оптимальное сочетание высоких технических и экономических показателей.

Содержание дипломного проекта должно составлять органическое единство с техническим содержанием и во многом определяться им. В начале рассматривается качественная сторона экономического эффекта после внедрения проекта в производство.

Оцениваются капитальные, эксплуатационные и приведенные затраты по приведенным вариантам новых технических решений или дополнительные затраты при их реконструкции. Выбирается оптимальный вариант и соответствующие технические параметры, схемы и т.д. Оцениваются технико-экономические преимущества новых технических решений по реконструкции в сравнении с существующими.

Во внедрении раскрывается значение темы, степень ее новизны, народно-хозяйственное значение объекта.

Обосновываются возможные варианты (по типу, мощности, количеству агрегатов и др.)

Оцениваются технико-экономические показатели по отличающимся элементам сравниваемых показателей (вариантов), выбирается оптимальный вариант.

Производится расчет технико-экономических показателей оптимального варианта. Сравниваются полученные показатели с данными практики и обосновываются различия.

Указанный выше перечень носит примерный характер и конкретизируется руководителем, как по содержанию, так и по количеству рассматриваемых вопросов.

Последовательность изложения организационно-экономического содержания во многом определяется темой дипломного проекта. Некоторые темы могут начинаться с обоснования выбора оптимального варианта, который явится предметом дальнейшего рассмотрения. В некоторых частях проекта могут быть разделы, посвященные выбору оптимальных параметров, размеров поверхностей и др.

В заключительной части проекта приводятся итоговые технико-экономические показатели, определяется срок окупаемости.

## 2.5 Анализ расчетов и общие выводы



					<i>Котел БКЗ 420/140          Поперечный разрез</i>	<i>Литер а</i>	<i>Масса</i>	<i>Масш т</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>у</i>		
<i>Разраб</i>		<i>Ф.И.О.</i>						
<i>Руковод.</i>		<i>Ф.И.О.</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Ф.И.О.</i>				<i>Лист 1</i>	<i>Листов 6</i>	
<i>Н.контр</i>		<i>Ф.И.О.</i>			<i>Реконструкция котла          БКЗ 420/140</i>	<i>КАТИУ, кафедра          «Теплоэнергетика»,          группа 08-062-19-01</i>		
<i>Зав.каф.</i>		<i>Ф.И.О.</i>						

Рисунок 2.2 - Пример заполнения углового штампа  
(основной надписи)

## 2.7 Технологическая и тепловая схемы

Технологическая схема является главным документом, на основании которого производится проектирование и составляется спецификация оборудования. На схеме должно быть нанесено в упрощенном виде основное и вспомогательное оборудование и показано коммуникационная связь между агрегатами.

Технологические коммуникации (газо-, водо- и паропроводы) на принципиальной схеме обозначаются однолинейно в соответствии с условными обозначениями по ГОСТу. На технологическом оборудовании и коммуникациях условными обозначениями показывают основные запорные, предохранительные и регулировочные органы.

Схема служит также для установления последовательности расположения агрегатов по высоте с целью учета возможности использования самотека, необходимости установки подземных сооружений и т.д.

## 2.8 Компоновка оборудования

Размещение оборудования и разработка строительной конструкции цеха, станции и т.п. является одной из трудоемких работ при выполнении графической части дипломного проекта. Компоновка оборудования и, соответственно, помещений цеха, обеспечение условий для монтажа и ремонта оборудования требует хорошего знания особенностей агрегатов, физико-химических свойств перерабатываемых материалов (взрывоопасность, химическая агрессивность) и технологии производства.

При проектировании необходимо учитывать как технологические требования (удобство обслуживания, возможность демонтажа агрегатов и их деталей при ремонтах, обеспечение максимально коротких коммуникаций между агрегатами, самотек и т.д.), так и строительных норм и стоимости сооружений; предусмотреть соблюдение нормативов естественной освещенности, техники безопасности и охраны труда, санитарные и противопожарные нормы.

Планы и разрезы расположения оборудования совмещаются со строительной частью, поэтому на них необходимо показывать также стены, перегородки, оконные и дверные проемы, колонны и стойки, междуэтажные перекрытия, крышу, площадки, перила для ограждения проемов, а также основные строительные элементы (фундаменты, балки, прогоны, пилястры, настил и т.д.).



На компоновочных чертежах должны быть показаны подъёмно-транспортные средства, а в спецификации указана их характеристика.

На планах указывается наименование помещений и дается нумерация оборудования. Спецификация на оборудование может выполняться на отдельном листе.

На планах нужно обязательно наносить линии плоскостей разрезов и обозначать их, строго проверяя по ним построение самих разрезов. Количество разрезов должно быть таким, чтобы было ясно высотное расположение всего основного оборудования.

Чертежи необходимо иллюстрировать достаточным количеством габаритных и установочных размеров оборудования и помещений, а также поясняющих надписей, выполняемых нормальным шрифтом (ГОСТ 2.304-68).

## 2.9 Конструктивные чертежи агрегатов

Чертежи агрегатов выполняются на стандартных листах в масштабах 1:2; 1:5; 1:10; 1:20; 1:50; 5:1; 10:1 и т.д. в зависимости от габаритов и сложности конструкции.

Чертежи агрегатов состоят из общего вида (продольного разреза) агрегата и одного, двух, или трех поперечных разрезов его; в отдельных случаях могут быть вычерчены отдельно наиболее важные узлы и детали.

Спецификация может выполняться на отдельном листе и заполняется снизу вверх. Для компоновочных чертежей в спецификации перечисляются агрегаты цеха, основная аппаратура и отдельные узлы.

## 3 Технико-экономический расчет при проектировании ТЭС

### 3.1 Абсолютные капиталовложения в строительство ТЭЦ при разнотипном оборудовании с поперечными связями

В случае, если в задании на курсовую работу предусмотрена установка разнотипного оборудования (ПТ, Р, Т) капиталовложения рассчитываются по формуле (1) для станции с поперечными связями, по формуле (3) – для блочных станций.

При этом следует иметь в виду, что турбины с противодавлением выбираются для покрытия базовой части производственной нагрузки и не устанавливаются первым (головным) агрегатом ТЭЦ.

$$K = \left( K_k^2 + K_m^2 + \sum K_k^n + \sum K_m^n \right) \cdot K_{p.c.}, \text{ тыс. тг.}, \quad (3.1)$$

где  $K_k^2, K_m^2$  - капиталовложения в головные максимальные по мощности котлы и турбоагрегаты, тыс. тг.;

$\sum K_k^n$  - суммарные капиталовложения в последующие котлы, тыс. тг.;

$\sum K_m^n$  - суммарные капиталовложения в последующие турбоагрегаты, тыс. тг.;

$K_{p.c.}$  - поправочный коэффициент на территориальный район строительства ТЭЦ.

### 3.2 Удельные капиталовложения

Удельные капиталовложения позволяют определить стоимость одного киловатта установленной мощности, которая зависит от многих факторов: типа установки и ее мощности, числа и параметров устанавливаемых агрегатов, применяемых схем технологических связей, местных условий строительства, вида используемого топлива. Удельные капитальные затраты изменяются в широких пределах и с ростом мощности электростанций и устанавливаемых на них агрегатов снижаются:

$$K_{уд.} = \frac{K}{N_y}, \text{ тг./кВт}, \quad (3.2)$$

где  $K$  – абсолютная величина капитальных вложений, тыс. тг.;

$N_y$  – установленная максимальная мощность станции, тыс. кВт.

### 3.3 Полезный отпуск теплоты с коллекторов станции

Годовой отпуск пара из производственных отборов турбин:

$$D_n^2 = \sum D_{no}^4 \cdot h_{отб}^n, \text{ т/год}, \quad (3.3)$$

где  $\sum D_{no}^4$  – часовая максимальная нагрузка из производственных отборов всех паровых турбин, т/ч (приложение 2, табл. 2, 3).

Если установлены турбины одного типа:

$$\sum D_{no}^4 = D_{no}^4 \cdot n_m, \text{ т/ч} \quad (3.4)$$

где  $D_{no}^4$  – часовой расход пара в производственный отбор одной турбины, т/ч (приложение 2, табл. 2, 3);

$n_m$  – количество однотипных турбин, имеющих производственный отбор, шт.;

$h_{отб}^n$  – число часов использования максимальной нагрузки, потребляемой из производственных отборов турбин, ч.

Паровые турбины с производственным отбором выбираются с учетом длительного использования отбора в течение года. Ориентировочно можно принять:  $h_{отб}^n = 4000 - 6000$  ч,  $h_{отб}^n = 4120$ .

Годовой отпуск теплоты с коллекторов ТЭЦ для производственных целей составляет:

$$Q_n^2 = D_n^2 \cdot \Delta i = 2,55 \cdot D_n^2, \text{ ГДж/год}, \quad (3.5)$$

где  $\Delta i = 2,55$  – разность энтальпии пара в производственном отборе и энтальпии возвращаемого конденсата, ГДж/т;

$D_n^2$  – годовой расход пара в производственные отборы всех паровых турбин, т/год.

Годовой отпуск теплоты их отопительных отборов турбин:

$$Q_{отоп}^2 = \sum Q_{отоп}^u \cdot h_{отб}^{отоп}, \text{ ГДж/год}, \quad (3.6)$$

где  $h_{отб}^{отоп}$  - число часов использования максимума отопительного отбора в зависимости от климатического района;

$\sum Q_{отоп}^u$  - суммарный часовой отпуск теплоты в отопительные отборы всех турбин, ГДж/ч.

В случае установки однотипного оборудования:

$$\sum Q_{отоп}^u = Q_{отоп}^u \cdot n_m, \text{ ГДж/ч}, \quad (3.7)$$

где  $Q_{отоп}^u$  - отпуск теплоты в отопительный отбор данного типа турбины, ГДж/ч;

$n_m$  - количество установленных однотипных турбин, шт.

Годовой отпуск теплоты с коллекторов ТЭЦ составляет:

$$Q_{отоп}^2 = Q_n^2 + Q_{отоп}^2, \text{ ГДж/год}, \quad (3.8)$$

где  $Q_n^2$  - годовой отпуск теплоты для производственных целей, ГДж/год;

$Q_{отоп}^2$  - годовой отпуск теплоты для отопительных целей, ГДж/год.

### 3.4 Выработка и отпуск электрической энергии с шин станции

#### 3.4.1 Годовая выработка электрической энергии

Годовая выработка электрической энергии составляет:

$$W_{\epsilon} = \sum_{i=1}^n W_{\epsilon i} = \sum_{i=1}^n N_{yi} \cdot h_{yi}, \text{ МВт} \cdot \text{ч}, \quad (3.9)$$

где  $N_{yi}$  - установленная расчетная мощность турбин одного типа, принимаемая по номинальному значению для турбин с двойным обозначением мощности, МВт;

$h_{yi}$  - число часов использования установленной расчетной мощности, ч. Применяется для каждого типа турбин в пределах 5500-6500 ч. (меньшее значение принимается для турбин типа Т).

Число часов использования расчетной установленной мощности в целом по ТЭЦ:

$$h_y = \frac{W_{\epsilon}}{N_y}, \text{ ч}, \quad (3.10)$$

где  $W_6$  - годовая выработка электроэнергии в целом по ТЭЦ, МВт · ч;  
 $N_y$  - установленная расчетная мощность электростанции, МВт.

### 3.4.2 Расход электрической энергии на собственные нужды

Расход электрической энергии на собственные нужды при разнотипном оборудовании. При разнотипном оборудовании расход электрической энергии на собственные нужды составляет:

$$W_{сн} = \frac{K_{снi}}{100} \cdot W_{6i}, \text{ МВт} \cdot \text{ч} \quad (3.11)$$

где  $K_{снi}$  - удельный расход электроэнергии на собственные нужды для каждого типа турбины, %;

$W_{6i}$  - годовая выработка электроэнергии каждым типом турбины, МВт · ч.

Среднегодовой удельный расход электроэнергии на собственные нужды в целом по ТЭЦ рассчитывается:

$$K_{сн} = \frac{W_{сн}}{W_6} \cdot 100, \%. \quad (3.12)$$

### 3.4.3 Годовой расход электрической энергии собственных нужд, отнесенный на отпуск теплоты

Годовой расход электрической энергии собственных нужд, отнесенный на отпуск теплоты, составляет:

$$W_{сн}^m = \frac{\overline{W}_{сн}^m}{1000} \cdot Q_{отп}, \text{ МВт} \cdot \text{ч}, \quad (3.13)$$

где  $\overline{W}_{сн}^m$  - удельный расход электрической энергии собственных нужд на отпуск единицы теплоты, кВт · ч/ГДж.

Ориентировочно  $\overline{W}_{сн}^m$  можно принять при работе ТЭЦ на твердом топливе 6-8 кВт · ч/ГДж,

$Q_{отп}$  - годовой отпуск теплоты с коллекторов ТЭЦ, тыс. ГДж/год.

### 3.4.4 Годовой расход электрической энергии собственных нужд, отнесенный на отпуск электрической энергии

Годовой расход электрической энергии собственных нужд, отнесенный на отпуск электрической энергии, составляет:

$$W_{сн}^э = W_{сн} - W_{сн}^m, \text{ МВт} \cdot \text{ч}. \quad (4.14)$$

3.4.5 Удельный расход электроэнергии на собственные нужды, отнесенный на производство электрической энергии

Удельный расход электроэнергии на собственные нужды, отнесенный на производство электрической энергии, составляет:

$$K_{сн}^{э} = \frac{W_{сн}^{э}}{W_{в}} \cdot 100, \%, \quad (3.15)$$

где  $W_{сн}^{э}$  - расход электрической энергии на собственные нужды на производство электроэнергии, МВт.ч;

$W_{в}$  - годовая выработка электроэнергии, МВт.ч.

3.4.6 Годовой отпуск электрической энергии с шин станции

Годовой отпуск электрической энергии с шин станции составляет:

При разнотипном оборудовании подсчитывается отпуск электроэнергии в зависимости от каждого типа турбоагрегата.

$$W_{отп} = N_{ни} \cdot n_m \cdot h_y \left( 1 - \frac{K_{снi}}{100} \right), \text{ МВт} \cdot \text{ч}, \quad (3.16)$$

где  $N_{ни}$  - номинальная мощность турбоагрегата определенного типа, МВт;

$n_m$  - количество установленных турбин данного типа, шт.;

$h_y$  - число часов использования установленной мощности, ч.;

$K_{снi}$  - удельный расход электроэнергии на собственные нужды по каждому типу турбины, %.

3.5 Удельные расходы условного топлива и КПД станции при разнотипном оборудовании

В случае установки турбин разного типа нормативный удельный расход условного топлива определяется:

- для турбин типа Т – в зависимости от числа часов использования установленной мощности и числа часов использования максимума отопительного отбора;

- для турбин типа ПТ – в зависимости от  $h_y, h_{отб}^{омп}, h_{отб}^n$ ;

- для турбин типа Р – в зависимости от коэффициента среднегодовой загрузки.

Удельный расход условного топлива в целом по ТЭЦ определяется по формуле:

$$b_{отп}^{э} = \frac{\sum b_{отп.i}^{э} \cdot K_1 \cdot W_{отп.i}}{W_{отп}}, \text{ г.у.т. / кВт} \cdot \text{ч}, \quad (3.17)$$

где  $b_{отп.i}^{э}$  - удельный расход условного топлива каждого типа турбоагрегата;

$K_1$  - поправка на КПД котла в зависимости от вида сжигаемого топлива:

при сжигании каменного угля  $K_1 = 1,0$ ;

при сжигании бурого угля  $K_1 = 1,02$ ;

при сжигании мазута  $K_1 = 0,98$ ;

при сжигании газа  $K_1 = 0,96$ ;

$W_{omn.i}$  - годовая выработка электроэнергии в зависимости от типа паротурбинной установки, МВт · ч;

$W_{omn}$  - годовой отпуск электрической энергии с шин станции, МВт.ч.

КПД по отпуску электрической энергии:

$$\eta_{omn}^{\varepsilon} = \frac{123}{b_{omn}^{\varepsilon}} \cdot 100, \%, \quad (3.18)$$

где  $b_{omn}^{\varepsilon}$  - удельный расход условного топлива на отпуск электроэнергии в целом по ТЭЦ, кг.у.т./кВт · ч.

КПД по отпуску теплоты определяется по формуле выше.

Удельный расход условного топлива по отпуску теплоты принимается  $b_{omn}^m = 39-42$  кг.у.т./ГДж (меньшее значение – для топлива газ, мазут, большее значение – для топлива бурый уголь).

### 3.6 Годовой расход условного топлива при разнотипном оборудовании

Расход условного топлива на производство электрической энергии и теплоты определяется по нормативной величине удельного расхода условного топлива.

Годовой расход условного топлива на отпуск электрической энергии составляет:

$$B_y^{\varepsilon} = b_{omn}^{\varepsilon} \cdot W_{omn}, \text{ т.у.т. / ГОД}, \quad (3.19)$$

где  $b_{omn}^{\varepsilon}$  - удельный расход условного топлива по отпуску электроэнергии в целом по ТЭЦ, кг.у.т./кВт · ч;

$W_{omn}$  - годовой отпуск электрической энергии с шин станции, МВт · ч.

#### 3.6.1 Годовой расход условного топлива на отпуск теплоты

Годовой расход условного топлива на отпуск теплоты составляет:

$$B_y^m = \frac{b_{omn}^m}{1000} \cdot Q_{omn}, \text{ т.у.т. / ГОД}, \quad (3.20)$$

где  $b_{omn}^m$  - удельный расход условного топлива по отпуску теплоты, кг.у.т./ГДж;

$Q_{omn}$  - годовой отпуск теплоты с коллекторов ТЭЦ, ГДж/год.

#### 3.6.2 Годовой расход условного топлива в целом по ТЭЦ

Годовой расход условного топлива в целом по ТЭЦ составляет:

$$B_y = B_y^э + B_y^m, \text{ т.у.т./год}, \quad (3.21)$$

где  $B_y^э, B_y^m$  - годовой расход условного топлива на отпуск электрической энергии и теплоты, соответственно, т.у.т./год.

### 3.6.3 Коэффициент полезного действия использования топлива

Коэффициент полезного действия использования топлива составляет:

$$\eta_{\text{топл}} = \frac{3,6 \cdot W_{\text{отп}} + Q_{\text{отп}}}{29,3 \cdot B_y} \cdot 100, \%, \quad (3.22)$$

где 3,6 – переводной эквивалент электрической энергии в теплоту, ГДж/МВт · ч;

$W_{\text{отп}}$  - годовой отпуск электрической энергии с шин станции, МВт · ч;

$Q_{\text{отп}}$  - годовой отпуск теплоты с коллекторов станции, ГДж;

29,3 – удельная теплота сгорания условного топлива, ГДж/т;

$B_y$  – годовой расход условного топлива в целом по ТЭЦ, т.у.т./год.

## 3.7 Эксплуатационные расходы (издержки) ТЭЦ

Проектные расчеты себестоимости электрической энергии и теплоты на ТЭЦ в период нормальной эксплуатации производятся по следующим статьям калькуляции:

- топливо на технологические цели,
- вода на технологические цели,
- основная заработная плата производственных рабочих,
- дополнительная заработная плата производственных рабочих,
- отчисления на социальное страхование с заработной платы производственных рабочих,
- расходы по содержанию и эксплуатации оборудования,
- цеховые расходы,
- общестанционные расходы.

При определении этих статей затрат следует иметь в виду, что на ТЭЦ они сначала определяются в целом по станции, а затем при расчете себестоимости электрической и тепловой энергии распределяются между ними.

### 3.7.1 Топливо на технологические цели

По этой статье учитывается топливо, которое расходуется непосредственно на производство электрической энергии и теплоты. Топливо оценивается по цене франко-станция назначения, т.е. с учетом транспортных затрат.

Для твердого топлива:

$$I_{\text{топл}} = (C_{\text{пр}} + C_{\text{тр}} \cdot S) \cdot B_n, \text{ тыс. тт./год}. \quad (3.23)$$

где  $C_{np}$  - оптовая преискуртанная цена 1 т натурального топлива, для угля тг./т (приложение 8);

$C_{mp}$  - затраты на транспортировку 1 т топлива при транспортировке его по железнодорожным путям широкой колеи, принимается по среднему значению по Казахстану: для угля – 1,1 тг. за 1 т на 1 км пути;

$S$  – расстояние, на которое транспортируется топливо, км;

$B_n$  - годовой расход натурального топлива на энергетические котлы, т.н.т./год;

$$B_n = \frac{B_y \cdot 29330}{Q_n^p} \left( 1 + \frac{\alpha_{nom}}{100} \right), \text{ т.н.т./год}, \quad (3.24)$$

где  $B_y$  - годовой расход условного топлива в целом по ТЭЦ, т.у.т./год;

29330 – удельная теплота сгорания условного топлива, кДж/кг (29,3 ГД/т);

$Q_n^p$  - удельная теплота сгорания натурального топлива, кДж/кг. Для угля удельная теплота приведена в приложении 8;

$\alpha_{nom}$  - потери топлива в пути до станции назначения в пределах норм естественной убыли, %;

каменный уголь -  $\alpha_{nom} = 0,9-1,2\%$ ;

Цена одной тонны условного топлива:

$$C_y = \frac{I_{топл}}{B_y}, \text{ тг. / т.у.т.} \quad (3.25)$$

где  $I_{топл}$  – издержки на сжигание топлива в энергетических котлах, тыс. тг./год;

$B_y$  – годовой расход условного топлива в целом по ТЭЦ, тыс. т.у.т./год.

### 3.7.2 Вода на технологические цели

В эту статью включаются затраты на воду, расходуемую на питание котлов, гидрозолоудаление, на систему циркуляционного водоснабжения, на пополнение системы теплофикации и отпуска горячей воды, на охлаждение генераторов и трансформаторов. Здесь же учитываются все затраты по химводоочистке, кроме амортизации (заработная плата с начислениями, стоимость химических реактивов и др.).

Кроме того, в этой статье затрат учитывается плата в бюджет за воду, потребляемую из водохозяйственных систем на технические цели, охлаждение пара в конденсаторах турбин.

$$I_e = \alpha_1 \cdot \frac{B_n}{1000} + \alpha_2 \cdot \sum D_n^k \cdot 10^{-3} + \alpha_3 \cdot N_y, \text{ тыс. тг. / год}, \quad (3.26)$$

где  $\alpha_1$  - удельный коэффициент в тенге на 1000 т. расходуемого за год натурального топлива.  $\alpha_1 = 0$  – для газа;  $\alpha_1 = 1500$  тенге на 1000 тнт – для мазута;  $\alpha_1 = 2000$  тенге на 1000 т всех видов твердого натурального топлива;

$\alpha_2 = 4500$  тенге на 1 т/час суммарной часовой производительности всех котлов;



$\alpha_3$  – удельный коэффициент в тенге на 1 кВт установленной мощности ТЭЦ.  $\alpha_3=120$  тенге на 1 кВт установленной мощности для станций с поперечными связями;

$B_n$  – расход натурального топлива на энергетические котлы, тыс. т/год;

$D_n^k$  – номинальная паропроизводительность всех установленных энергетических котлов, т/ч;

$N_y$  – установленная (номинальная) мощность станции, МВт;

$10^{-3}$  – перевод тенге в тыс. тенге (для второго слагаемого).

### 3.7.3 Основная заработная плата производственных рабочих

По данной статье планируется и учитывается основная заработная плата производственных рабочих, непосредственно участвующих в технологическом процессе производства энергии. К основной заработной плате относятся выплаты, связанные с отработанным временем (тарифные ставки и должностные оклады, премии рабочим из ФЗП, доплата за работу в праздничные дни и ночное время).

Рассчитывается по формуле:

$$I_{ЗП}^{осн} = \alpha_{np} \cdot M_{экс} \cdot N_y \cdot ЗП_{ср}^{np}, \text{ тыс. тг. / год,} \quad (3.27)$$

где  $\alpha_{np}=0,65-0,75$  – доля производственных рабочих в общей численности эксплуатационного персонала;

$M_{экс}$  – удельная численность эксплуатационного персонала, чел./МВт;

$Ч_{экс} = M_{экс} \cdot N_y$  – численность эксплуатационного персонала, чел.

$N_y$  – установленная мощность станции, МВт;

$ЗП_{ср}^{np} = 240-270$  – средняя заработная плата одного производственного рабочего в год, тыс. тг./чел.год.

### 3.7.4 Дополнительная заработная плата производственных рабочих

Дополнительная заработная плата – это выплаты, не связанные с рабочим временем (оплата очередных, дополнительных и ученических отпусков, оплата за время выполнения государственных обязанностей и др.).

Подсчитывается укрупненно в размере 7-10 % от основной заработной платы производственных рабочих:

$$I_{ЗП}^{доп} = (0,07 \div 0,1) \cdot I_{ЗП}^{осн}, \text{ тыс. тг. / год.} \quad (3.28)$$

### 3.7.5 Отчисления на социальное страхование с заработной платы производственных рабочих

Отчисления на социальное страхование расходуются на оплату больничных листов, путевок в дома отдыха и санатории, выплату пенсий по инвалидности и старости и др. Включает ставку социального налога и

Отчисления на социальное страхование составляют:

$$I_{3П}^{отч} = 0,215 \cdot (I_{3П}^{осн} + I_{3П}^{дон}), \text{ тыс. тг. / год.} \quad (3.29)$$

### 3.7.6 Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования

К этой статье относятся расходы по содержанию оборудования (стоимость смазочных, обтирочных материалов и др.), амортизации силовых и рабочих машин, передаточных устройств, инструмента и внутрицехового транспорта, текущему ремонту производственного оборудования и прочие расходы.

$$I_{экс} = \beta \cdot I_a^{об}, \text{ тыс. тг. / год,} \quad (3.30)$$

где  $\beta = 1,15-1,35$  – коэффициент, учитывающий затраты на текущий ремонт и обслуживание оборудования (меньшие значения принимаются для более крупных ТЭЦ);

$I_a^{об}$  – амортизационные отчисления по производственному оборудованию:

$$I_a^{об} = \frac{H_a^{об}}{100} \cdot C_{об}, \text{ тыс. тг. / год,} \quad (3.31)$$

где  $H_a^{об} = 7-8$  % – норма амортизационных отчислений по производственному оборудованию;

$C_{об}$  – стоимость оборудования, составляет 60-70 % от капиталовложений в строительство ТЭЦ, т.е.

$$C_{об} = (0,6 \div 0,7) \cdot K, \text{ тыс. тг. / год.} \quad (3.32)$$

### 3.7.7 Расходы по подготовке и освоению производства (пусковые расходы)

По данной статье учитываются пусковые расходы, связанные с комплексным опробованием оборудования, наладочными работами и испытаниями после взятия нагрузки агрегатами на новых электростанциях, а также на действующих электростанциях при их расширении и реконструкции.

Эти расходы списываются на себестоимость электрической энергии и теплоты в течение первых двух лет эксплуатации станции.

В период нормальной эксплуатации пусковые расходы не учитываются.

### 3.7.8 Цеховые расходы

К этой статье относятся затраты по обслуживанию цехов и управлению ими: заработная плата аппарата управления цехом, амортизация и затраты по содержанию и текущему ремонту зданий и инвентаря общецехового назначения, расходы по охране труда:

$$I_{цех} = \beta^ц \cdot I_{экс}, \text{ тыс. тг. / год.} \quad (3.33)$$

Значения  $\beta^ц$  зависят от многих факторов, основным из которых является установленная мощность  $N_y$ :

Таблица 1

Значения коэффициента цеховых расходов  $\beta^ц$ 

$N_y$ , МВт	25 - 50	51 - 100	101
$\beta^ц$	0,15 – 0,2	0,1 – 0,15	0,06 – 0,09

Большие значения  $\beta^ц$  принимаются для ТЭЦ, работающих на твердом топливе.

### 3.7.9 Общестанционные расходы

К этой статье относятся расходы по управлению энергопредприятием: административно-управленческие расходы (зарплата, командировочные и канцелярские расходы), общепроизводственные расходы (содержание, амортизация, текущий ремонт общестанционных средств, испытания, опыты, исследования, рационализация и охрана труда общестанционного характера), отчисления на целевые расходы.

$$I_{oc} = 3П_{cp}^{ayn} \cdot Ч_{ayn} + \gamma \cdot (I_{экс} + I_{цех}), \text{ тыс. тг./год}, \quad (3.34)$$

где  $3П_{cp}^{ayn} = 260-290$  – средняя годовая заработная плата одного работника административно-управленческого персонала, тыс. тг./чел.год;

$Ч_{ayn}$  - численность административно-управленческого персонала, чел.  $Ч_{ayn}$  можно укрупненно принять в размере 6-7% от численности промышленно производственного персонала, которая приведена в приложении 10 для ТЭЦ с турбогенераторами до 120 МВт и котлами до 500 т/ч, в приложении 11 для ТЭЦ с турбогенераторами 120 МВт и выше и котлами 500 т/ч и выше.

Численность промышленно-производственного персонала определяется:

$$Ч_{ППП} = M_{ППП} \cdot N_y, \text{ чел.} \quad (3.35)$$

следовательно, численность АУП определяется:

$$Ч_{ayn} = (0,06 \div 0,07) \cdot Ч_{ППП}, \text{ чел.} \quad (3.36)$$

6 % - для газомазутного топлива, 7 % - для твердого топлива.

Значения  $\gamma$  зависят от многих факторов, основным из которых является установленная мощность  $N_y$ :

Таблица 2

Значения коэффициента  $\gamma$ 

$N_y$ , МВт	25 - 50	51 - 100	101
$\gamma$	0,14	0,1	0,06

### 3.7.10 Общие издержки производства на ТЭЦ

В общие издержки производства на ТЭЦ включаются все рассчитанные затраты:

$$\sum I = I_{\text{топл}} + I_{\text{г}} + I_{\text{ЗП}}^{\text{осн}} + I_{\text{ЗП}}^{\text{доп}} + I_{\text{ЗП}}^{\text{омч}} + I_{\text{экс}} + I_{\text{цех}} + I_{\text{ос}}, \text{ ТЫС. ТГ. / ГОД.} \quad (3.37)$$

### 3.8 Калькуляция себестоимости электрической энергии и теплоты

Общие издержки производства на ТЭЦ и издержки по отдельным статьям распределяются между электрической энергией и теплотой пропорционально расходу условного топлива на оба вида энергии.

#### 3.8.1 Коэффициент распределения затрат на теплоту

Коэффициент распределения затрат на теплоту составляет:

$$K_p^m = \frac{B_y^{m'}}{B_y}, \quad (3.38)$$

где  $B_y^{m'}$  - годовой расход условного топлива на отпуск теплоты с учетом расхода электроэнергии на собственные нужды, тыс. т/год;

$B_y$  – годовой расход условного топлива станцией, тыс. т/год.

#### 3.8.2 Коэффициент распределения затрат на электрическую энергию

Коэффициент распределения затрат на электрическую энергию составляет:

$$K_p^э = 1 - K_p^m. \quad (3.39)$$

#### 3.8.3 Годовые издержки, отнесенные на отпуск теплоты

Годовые издержки, отнесенные на отпуск теплоты, составляют:

$$I^m = K_p^m \cdot \sum I, \text{ ТЫС. ТГ. / ГОД,} \quad (3.40)$$

в т.ч. издержки на топливо, приходящееся на отпуск теплоты:

$$I_{\text{топл}}^m = K_p^m \cdot I_{\text{топл}}, \text{ ТЫС. ТГ. / ГОД,} \quad (3.41)$$

где  $I_{\text{топл}}$  - годовые издержки на топливо на технологические цели, тыс. тг./год.

Аналогично определяем годовые издержки по каждой статье затрат на отпуск теплоты.

Общие годовые издержки на отпуск теплоты должны быть равны сумме по отдельным ее составляющим.

$$I_{\text{общ}}^m = \sum I_i^m = I_{\text{топл}}^m + I_{\text{в}}^m + I_{\text{ЗП}}^{\text{осн.}m} + I_{\text{ЗП}}^{\text{доп.}m} + I_{\text{ЗП}}^{\text{отч.}m} + I_{\text{экс}}^m + I_{\text{цех}}^m + I_{\text{ос}}^m,$$

тыс. тг. / год.

(3.42)

### 3.8.4 Годовые издержки, отнесенные на отпуск электрической энергии

Годовые издержки, отнесенные на отпуск электрической энергии, составляют:

$$I^{\text{э}} = \sum I - I^m, \text{ тыс. тг. / год,}$$
(3.43)

где  $I$  – общие издержки производства на ТЭЦ, тыс. тг./год;

$I^m$  – годовые издержки, отнесенные на отпуск теплоты, тыс. тг./год,

в т.ч. издержки на топливо, приходящиеся на отпуск электрической энергии:

$$I_{\text{топл}}^{\text{э}} = I_{\text{топл}} - I_{\text{топл}}^m, \text{ тыс. тг. / год,}$$
(3.44)

где  $I_{\text{топл}}$ ,  $I_{\text{топл}}^m$  – годовые издержки на топливо общие и на отпуск теплоты, тыс. тг./год.

Аналогично выполняются расчеты по другим статьям затрат, результаты расчетов сводим в табл. 3.

$$I_{\text{общ}}^{\text{э}} = \sum I_i^{\text{э}} = I_{\text{топл}}^{\text{э}} + I_{\text{в}}^{\text{э}} + I_{\text{ЗП}}^{\text{осн.э}} + I_{\text{ЗП}}^{\text{доп.э}} + I_{\text{ЗП}}^{\text{отч.э}} + I_{\text{экс}}^{\text{э}} + I_{\text{цех}}^{\text{э}} + I_{\text{ос}}^{\text{э}},$$

тыс. тг. / год.

(3.45)

### 3.8.5 Себестоимость единицы теплоты

Себестоимость единицы теплоты составляет:

$$s_{\text{отп}}^m = \frac{I^m}{Q_{\text{отп}}}, \text{ тг./ГДж,}$$
(3.46)

где  $I^m$  – годовые издержки, отнесенные на отпуск теплоты, тыс. тг./год;

$Q_{\text{отп}}$  – годовой отпуск теплоты с коллекторов ТЭЦ, тыс. ГДж/год.

Топливная составляющая по отпуску теплоты:

$$s_{\text{топл}}^m = \frac{I_{\text{топл}}^m}{Q_{\text{отп}}}, \text{ тг./ГДж,}$$
(3.47)

где  $I_{\text{топл}}^m$  – издержки на топливо, приходящиеся на отпуск теплоты, тыс. тг.;

$Q_{\text{отп}}$  – годовой отпуск теплоты с коллекторов ТЭЦ, тыс. ГДж/год.

Аналогично рассчитываются составляющие себестоимости по отпуску теплоты по всем статьям затрат.

Сумма всех составляющих себестоимости по отпуску теплоты равна величине:

$$s_{\text{отп}}^m = \sum s_i^m = s_{\text{топл}}^m + s_{\text{в}}^m + s_{\text{ЗП}}^{\text{осн.}m} + s_{\text{ЗП}}^{\text{доп.}m} + s_{\text{ЗП}}^{\text{отч.}m} + s_{\text{экс}}^m + s_{\text{цех}}^m + s_{\text{ос}}^m, \text{ тг./ ГДж.}$$
(3.48)

### 3.8.6 Себестоимость отпущенной электрической энергии

Себестоимость отпущенной электрической энергии составляет:

$$s_{отп}^э = \frac{I^э}{W_{отп} \cdot 1000}, \text{ тг./кВт} \cdot \text{ч}, \quad (3.49)$$

где  $I^э$  – годовые издержки, отнесенные на отпуск электрической энергии, тыс. тг./год;  
 $W_{отп}$  – годовой отпуск электрической энергии с шин электростанции, тыс. МВт.ч/год;  
1000 - перевод из МВт.ч в кВт.ч.

Топливная составляющая себестоимости по отпуску электрической энергии:

$$s_{топл}^э = \frac{I_{топл}^э}{W_{отп} \cdot 1000}, \text{ тг./кВт} \cdot \text{ч}, \quad (3.50)$$

где  $I_{топл}^э$  - издержки на топливо, приходящиеся на отпуск электрической энергии, тыс. тг./год.

Рассчитываются составляющие по отпуску электрической энергии по всем статьям затрат.

Сумма всех составляющих по отпуску электрической энергии равна величине:

$$s_{отп}^э = \sum s_i^э = s_{топл}^э + s_{в}^э + s_{ЗП}^{осн.э} + s_{ЗП}^{доп.э} + s_{ЗП}^{отч.э} + s_{экс}^э + s_{цех}^э + s_{ос}^э, \quad (3.51)$$

тг. / кВт · ч.

### 3.8.7 Структура себестоимости

Структура себестоимости позволяет проанализировать, какой удельный вес в годовых затратах в целом по станции имеет каждая статья себестоимости.

Например, затраты на топливо в суммарных затратах по ТЭЦ составляют:

$$I_{топл}^э \% = \frac{I_{топл}^э}{\sum I} \cdot 100\%, \quad (3.52)$$

где  $I_{топл}^э$  – издержки на топливо в целом по станции, тыс. тг./год;

$I$  – общие издержки производства на ТЭЦ, тыс. тг./год.

Аналогично рассчитываются другие составляющие структуры затрат.

Сумма составляющих структуры затрат должна составить 100%.

$$I_{топл}^э + I_{в}^э + I_{ЗП}^{осн} + I_{ЗП}^{доп} + I_{ЗП}^{отч} + I_{экс}^э + I_{цех}^э + I_{ос}^э = 100\%. \quad (3.53)$$

## 4 Теоретические основы проектирования систем теплоснабжения

#### 4.1 Определение тепловых потоков на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение

Максимальные тепловые потоки на отопление  $Q_{o\max}$ , вентиляцию  $Q_{v\max}$  и горячее водоснабжение  $Q_{h\max}$  жилых, общественных и производственных зданий следует принимать при проектировании тепловых сетей по соответствующим проектам. Тепловые потоки при отсутствии проектов отопления, вентиляции и горячего водоснабжения определяются:

- для предприятий - по укрупненным ведомственным нормам, утвержденным в установленном порядке, либо по проектам аналогичных предприятий;

- для жилых районов городов и других населенных пунктов - по формулам:

а) максимальный тепловой поток, Вт, на отопление жилых и общественных зданий

$$Q_{o\max} = q_0 \cdot A \cdot (1 + K_1) \quad (4.1)$$

б) максимальный тепловой поток, Вт, на вентиляцию общественных зданий

$$Q_v^{общ} = q_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot A \quad (4.2)$$

в) средний тепловой поток, Вт, на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot (a + b) \cdot (55 - t_c)}{24 \cdot 3,6} \cdot c, \quad (4.3)$$

или

$$Q_{hm} = q_h \cdot m \quad (4.4)$$

г) максимальный тепловой поток, Вт, на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий

$$Q_{h\max} = 2,4 \cdot q_h \cdot m \quad (4.5)$$

где  $K_1$  - коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий; при отсутствии данных  $K_1$  следует принимать равным 0,25

$K_2$  - коэффициент, учитывающий тепловой поток на вентиляцию общественных зданий; при отсутствии данных  $K_2$  следует принимать равным: для общественных зданий, построенных до 1985 г. - 0,4, после 1985 г. - 0,6.

Среднечасовой тепловой поток на отопление за отопительный период  $Q_o^{om}$ , Вт, следует определять по формуле

$$Q_o^{om} = Q_{o\max} \cdot \left( \frac{t_i - t_{от}}{t_i - t_o} \right) \quad (4.6)$$

Среднечасовой тепловой поток на вентиляцию за отопительный период  $Q_v^{om}$ , Вт, следует определять по формуле

$$Q_v^{om} = Q_{v \max} \cdot \left( \frac{t_i - t_{от}}{t_i - t_o} \right) \quad (4.7)$$

Среднечасовой тепловой поток на горячее водоснабжение  $Q_{hm}^s$ , Вт, жилого района в неотапливаемый период определяют по формуле

$$Q_{hm}^s = \beta \cdot Q_{hm} \cdot \left( \frac{55 - t_c^s}{55 - t_c} \right) \quad (4.8)$$

Тепловые потоки на отопление и вентиляцию зданий при известных наружных строительных объемах,  $V_{зд}$ , м<sup>3</sup>, и удельных отопительных  $q_{от}$ , Вт/м<sup>3</sup>·К и вентиляционных  $q_{вент.}$ , Вт/м<sup>3</sup>·К, характеристиках могут быть определены по формулам:

$$Q_{оmax} = q_{от} \cdot V_{зд} \cdot (t_i - t_o) a \quad (4.9)$$

$$Q_{v \max} = q_{вент} \cdot V_{зд} \cdot (t_i - t_o) \quad (4.10)$$

где  $a$  - поправочный коэффициент к величине  $q_{от}$ .

Среднечасовые  $Q_{hm}$  и максимальные  $Q_{hmax}$  тепловые потоки на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий следует определять по нормам расхода горячей воды в соответствии с требованиями [3. стр.4] по формулам:

$$Q_{hm} = 1,16 \cdot q_T^h \cdot (55 - t_c) + Q^{ht} \quad (4.11)$$

$$Q_{hmax} = 1,16 \cdot q_{hr}^h \cdot (55 - t_c) + Q^{ht} \quad (4.12)$$

## 4.2 Графики теплового потребления

Графики теплового потребления часовые, годовые по продолжительности тепловой нагрузки, годовые по месяцам необходимы для решения ряда вопросов централизованного теплоснабжения: определения расходов топлива, выбора оборудования источников теплоты, выбора режима загрузки и графика ремонта этого оборудования, выбора параметров теплоносителя, а так же для технико-экономических расчетов при проектировании и эксплуатации системы теплоснабжения.

Для построения часовых графиков расходов теплоты на отопление и вентиляцию достаточно использовать два значения тепловых потоков: максимальные  $Q_{оmax}$  и  $Q_{vmax}$  и определенные при температуре наружного воздуха начала ( конца ) отопительного периода  $t_{нк}$ . При определении тепловых потоков на отопление и вентиляцию для любых температур наружного воздуха  $t_n$  используют следующие зависимости:



$$Q_o^{t_H} = Q_{o \max} \cdot \left( \frac{t_i - t_H}{t_i - t_o} \right) \quad (4.13)$$

$$Q_v^{t_H} = Q_{v \max} \cdot \left( \frac{t_i - t_H}{t_i - t_o} \right) \quad (4.14)$$

Среднечасовой тепловой поток на горячее водоснабжение жилого района в неотапительный период определяют по формуле (2.15).

$$Q_{hm}^s = Q_{hm} \cdot \beta \cdot \left( \frac{55 - t_c^s}{55 - t_c} \right) \quad (4.15)$$

Суммируя ординаты часовых графиков по отдельным видам теплотребления, строят суммарный часовой график расходов теплоты  $Q_{\Sigma}$ , который используют также для построения годового графика по продолжительности тепловой нагрузки. Для построения этого графика необходимо иметь данные по продолжительности стояния температур наружного воздуха, принимаемые для конкретного города по [9] и просуммированные с нарастающим итогом.

Для построения годового графика по месяцам, используя среднемесячные температуры наружного воздуха из [1], определяют по формулам (4.13) и (4.14) тепловые потоки на отопление и вентиляцию для каждого месяца отопительного периода.

Суммарный тепловой поток для каждого месяца отопительного периода определяется как сумма тепловых потоков на отопление, вентиляцию и среднечасового теплового потока для данного периода на горячее водоснабжение,  $Q_{hm}$ .

Например, для января суммарный тепловой поток  $Q_{\Sigma}^{\text{январь}}$  равен:

$$Q_{\Sigma}^{\text{январь}} = Q_o^{\text{январь}} + Q_v^{\text{январь}} + Q_{hm}$$

Для неотапительного периода при  $t_H \geq t_{HK}$  суммарный тепловой поток будет равен среднечасовому тепловому потоку на горячее водоснабжение в данный период,  $Q_{hm}^s$ .

## 4.3 Регулирование отпуска теплоты

### 4.3.1 Теплоносители и их параметры

Максимальная расчетная температура сетевой воды на выходе из источника теплоты, в тепловых сетях и приемниках теплоты устанавливается на основании технико-экономических расчетов.

Минимальная температура сетевой воды на выходе из источника теплоты и в тепловых сетях при наличии в закрытых системах теплоснабжения нагрузки горячего водоснабжения должна обеспечивать возможность подогрева воды, поступающей на горячее водоснабжение до нормируемого уровня.

При расчете графиков температур сетевой воды в системах централизованного теплоснабжения температура наружного воздуха начала и конца отопительного периода  $t_{HK}$  согласно [2] принимается при среднесуточной температуре наружного воздуха:

+8 °С в районах с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления до минус 30 °С и усредненной расчетной температурой внутреннего воздуха отапливаемых зданий 18 °С;

+10 °С в районах с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления ниже минус 30 °С и усредненной расчетной температурой внутреннего воздуха отапливаемых зданий 20 °С.

Усредненная расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых производственных зданий принимается 16 °С.

При отсутствии у приемников теплоты в системах отопления и вентиляции автоматических индивидуальных устройств регулирования температуры внутри помещений, может применяться в водяных тепловых сетях следующее регулирование температуры теплоносителя:

1. Центральное качественное по нагрузке отопления, или по совместной нагрузке отопления, вентиляции и горячего водоснабжения - путем изменения на источнике теплоты температуры теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха;

2. Центральное качественно-количественное по совместной нагрузке отопления, вентиляции и горячего водоснабжения - путем регулирования на источнике теплоты как температуры, так и расхода сетевой воды.

Центральное качественно-количественное регулирование на источнике теплоты может быть дополнено групповым количественным регулированием на тепловых пунктах преимущественно в переходный период отопительного сезона.

При центральном качественно-количественном регулировании отпуска теплоты для подогрева воды в системах горячего водоснабжения потребителей температура воды в подающем трубопроводе должна быть:

- для закрытых систем теплоснабжения - не менее 70 °С;

- для открытых систем теплоснабжения - не менее 60 °С.

В системах теплоснабжения, при наличии у потребителя теплоты в системах отопления и вентиляции индивидуальных устройств регулирования температуры воздуха внутри помещений количеством протекающей через приемники сетевой воды, следует применять центральное качественно-количественное регулирование, дополненное групповым количественным регулированием на тепловых пунктах с целью уменьшения колебаний гидравлических и тепловых режимов в конкретных квартальных (микрорайонных) системах в пределах, обеспечивающих качество и устойчивость теплоснабжения.

В жилых и общественных зданиях при отсутствии у отопительных приборов терморегулирующих клапанов следует предусматривать автоматическое регулирование по температурному графику для поддержания средней по зданию температуры внутреннего воздуха.

#### 4.3.2 Регулирование отпуска теплоты на отопление

##### *Центральное качественное регулирование.*

Центральное качественное регулирование по нагрузке отопления принимают в том случае, если тепловая нагрузка на жилищно-коммунальные нужды составляет менее 65 % от суммарной нагрузки района, а так же при величине отношения среднечасовой нагрузки на горячее водоснабжение к расчетной нагрузке на отопление менее 0,15 ( $\mu = \frac{Q_{\text{гв}}}{Q_{\text{от}}} < 0,15$ ).

При таком способе регулирования, для зависимых схем присоединения элеваторных систем отопления температуру сетевой воды в подающей  $\tau_{10}$  и обратной  $\tau_{20}$  магистралях, а так же после элеватора  $\tau_{30}$  в течение отопительного периода определяют по следующим выражениям:

$$\tau_{10} = t_i + \Delta t \left( \frac{t_i - t_H}{t_i - t_o} \right)^{0,8} + (\Delta \tau - 0,5 \cdot \theta) \left( \frac{t_i - t_H}{t_i - t_o} \right) \quad (4.16)$$

$$\tau_{20} = t_i + \Delta t \left( \frac{t_i - t_H}{t_i - t_o} \right)^{0,8} - 0,5 \cdot \theta \left( \frac{t_i - t_H}{t_i - t_o} \right) \quad (4.17)$$

$$\tau_{30} = t_i + \Delta t \left( \frac{t_i - t_H}{t_i - t_o} \right)^{0,8} + 0,5 \cdot \theta \left( \frac{t_i - t_H}{t_i - t_o} \right) \quad (4.18)$$

где  $t_i$  - усредненная расчетная температура внутреннего воздуха,

$t_H$  - температура наружного воздуха, °С

$\Delta t$  - расчетный температурный напор нагревательного прибора, °С, определяемый по формуле

$$\Delta t = \frac{\tau_3 + \tau_2}{2} - t_i \quad (4.19)$$

где  $\tau_3$  и  $\tau_2$  расчетные температуры воды соответственно после элеватора и в обратной магистрали тепловой сети определенные при  $t_o$  (для жилых районов, как правило,  $\tau_3 = 95$  °С;  $\tau_2 = 70$  °С);

$\Delta \tau$  - расчетный перепад температур сетевой воды в тепловой сети

$$\Delta \tau = \tau_1 - \tau_2 \quad (4.20)$$

$\theta$  - расчетный перепад температур сетевой воды в местной системе отопления

$$\theta = \tau_3 - \tau_2 \quad (4.21)$$

Задаваясь различными значениями температур наружного воздуха  $t_H$  (обычно  $t_{HK}$ ; 0; -10;  $t_v$ ;  $t_o$ ), по формулам (4.16), (4.17), (4.18) определяют температуры  $\tau_{10}$ ;  $\tau_{20}$ ;  $\tau_{30}$  и строят отопительный график температур сетевой воды. Для удовлетворения нагрузки горячего водоснабжения температура сетевой воды в подающей магистрали  $\tau_{10}$  не может быть ниже 70 °С в закрытых системах теплоснабжения. Для этого отопительный график спрямляется на уровне указанной температуры и становится отопительно-бытовым (см. рис. 3.4)

Температура наружного воздуха, соответствующая точке излома графиков температур воды  $t_H'$ , делит отопительный период на диапазоны с различными режимами регулирования:

- в диапазоне I с интервалом температур наружного воздуха от  $t_{HK}$  до  $t_H'$  осуществляется групповое или местное регулирование, задачей которого является недопущение "перегрева" систем отопления и бесполезных потерь теплоты;

- в диапазонах II и III с интервалом температур наружного воздуха от  $t_H'$  до  $t_o$  осуществляется центральное качественное регулирование.

*Центральное качественное регулирование по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения*

В системах теплоснабжения с преобладающей (более 65 %) жилищно-коммунальной нагрузкой следует принимать регулирование по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения, то есть по повышенному (скорректированному) графику температур воды. Применение данного метода регулирования позволяет определять диаметры трубопроводов

тепловых сетей по суммарному расходу сетевой воды на отопление и вентиляцию без учета расхода воды на горячее водоснабжение. Однако для удовлетворения нагрузки горячего водоснабжения температура воды в подающем трубопроводе должна быть выше, чем по отопительному графику. Некоторая недоподача теплоты в системы отопления в часы максимального водоразбора, компенсируется в ночное время при отсутствии водоразбора на горячее водоснабжение. При этом строительные конструкции зданий служат аккумуляторами теплоты, выравнивающими неравномерность подачи теплоты на отопление. В закрытых системах теплоснабжения эффективность повышенного графика реализуется при применении двухступенчатой смешанной с ограничением расхода и последовательной схемах включения водоподогревателей. Расчет повышенного графика для таких систем заключается в определении перепада температур сетевой воды в водоподогревателях верхней  $\delta_1$  и нижней  $\delta_2$  ступеней при различных температурах наружного воздуха и балансовой нагрузке горячего водоснабжения  $Q_{hm}^6$ .

$$Q_{hm}^6 = 1,2 \cdot Q_{hm} \quad (4.22)$$

Суммарный перепад температур сетевой воды в верхней и нижней ступенях водоподогревателей  $\delta$  в течение всего отопительного периода постоянен и определяется по формуле

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = \frac{Q_{hm}^6}{Q_{o\max}} \cdot (\tau_1 - \tau_2) \quad (4.23)$$

Перепад температуры сетевой воды в нижней ступени водоподогревателя  $\delta_2$  соответствующий температуре наружного воздуха для точки излома температурного графика  $t_h'$ , а так же для всего диапазона температур наружного воздуха от  $t_{нк}$  до  $t_h'$  определяют по формуле

$$\delta_2' = \delta \cdot \frac{(t_h' - t_c')}{(t_h - t_c)} \quad (4.24)$$

для диапазона от  $t_h'$  до  $t_o$  величину  $\delta_2$  определяют по формуле

$$\delta_2 = \delta_2' \cdot \frac{(\tau_{20} - t_c)}{(\tau_{20}' - t_c)} \quad (4.25)$$

где  $t_h$  - температура горячей воды поступающей из водоподогревателя в систему горячего водоснабжения, °С;

$t_c$  - температура холодной водопроводной воды перед водоподогревателем нижней ступени, °С;

$t_h'$  - температура водопроводной воды после водоподогревателя нижней ступени, °С, определяемая по формуле

$$t_h' = \tau_{20}' - (5 \div 10) \quad (4.26)$$

$\tau_{20}'$  - температура сетевой воды в обратной магистрали соответствующая точке излома температурного графика, °С

$\tau_{20}$  - температура сетевой воды в обратной магистрали принимаемая по отопительному графику в соответствии с заданной температурой наружного воздуха  $t_n$ , °C;

Температуру сетевой воды по повышенному графику в обратной магистрали  $\tau_{2п}$  определяют по формуле, °C

$$\tau_{2п} = \tau_{20} - \delta_2 \quad (4.27)$$

Перепад температур сетевой воды в верхней ступени водоподогревателя  $\delta_1$  определяют по формуле, °C

$$\delta_1 = \delta - \delta_2 \quad (4.28)$$

Температуру сетевой воды в подающей магистрали  $\tau_{1п}$  определяют по формуле

$$\tau_{1п} = \tau_{10} + \delta_1 \quad (4.29)$$

Для построения повышенного графика отпуска теплоты по совместной нагрузке на отопление и горячее водоснабжение для открытых систем теплоснабжения необходимо вначале построить графики температур,  $\tau_{10}, \tau_{20}, \tau_{30}$  для зависимых схем присоединения элеваторных систем отопления (см. формулы (4.16), (4.17), (4.18)) .

Температуры сетевой воды в подающей и обратной магистралях для повышенного графика, соответственно  $\tau_{1п}$  и  $\tau_{2п}$ , в течение отопительного периода определяют по следующим выражениям

$$\tau_{1п} = t_i + \frac{\bar{Q}_o}{\bar{G}_o} \cdot \left( \Delta\tau + \Delta t \cdot \frac{\bar{G}_o}{\bar{Q}_o^{0,2}} - 0,5 \cdot \theta \right) \quad (4.30)$$

$$\tau_{2п} = t_i + \frac{\bar{Q}_o}{\bar{G}_o} \cdot \left( \Delta t \cdot \frac{\bar{G}_o}{\bar{Q}_o^{0,2}} - 0,5 \cdot \theta \right) \quad (4.31)$$

где  $\bar{Q}_o$  - относительный расход теплоты на отопление, определяемый по формуле

$$\bar{Q}_o = \frac{Q_o}{Q_{o\max}} = \frac{(t_i - t_n)}{(t_i - t_o)} \quad (4.32)$$

$\bar{G}_o$  - относительный расход сетевой воды на отопление, определяемый из выражения

$$\bar{G} = \frac{1 - 0,5 \cdot \rho^6 \cdot \frac{\theta}{t_h - t_c}}{1 + \frac{t_h - t_i}{t_h - t_c} \cdot \frac{\rho^6}{\bar{Q}_o} - \frac{\Delta t}{t_h - t_c} \cdot \frac{\rho^6}{\bar{Q}_o^{0,2}}} \quad (4.33)$$

где

$$\rho^6 = \frac{1,1 \cdot Q_{hm}}{Q_{o\max}} \quad (4.34)$$

Регулирование по повышенному графику в открытых системах осуществляется в диапазоне температур наружного воздуха  $t_{нк} \div t_{н}^*$ . Температура наружного воздуха  $t_{н}^*$  соответствует началу периода, когда температура сетевой воды в обратном трубопроводе достигает значений  $t_{н}$  и весь водоразбор на горячее водоснабжение в диапазоне наружных температур  $t_{н}^* \div t_{о}$  осуществляется только из обратного трубопровода.

*Регулирование отпуска теплоты на вентиляцию*

По характеру изменения температуры и расхода теплоты на вентиляцию отопительный период делится на три диапазона. В диапазоне I (от  $t_{нк}$  до  $t_{н}'$ ) при переменной тепловой вентиляционной нагрузке температура воды в подающем трубопроводе постоянна. В этом диапазоне осуществляется местное количественное регулирование изменением расхода сетевой воды.

В диапазоне II (от  $t_{н}'$  до  $t_{v}$ ) по мере увеличения вентиляционной нагрузки возрастает и температура сетевой воды.

В диапазоне III (от  $t_{v}$  до  $t_{о}$ ) возрастает температура сетевой воды и также тепловая нагрузка для большинства вентиляционных систем. Для систем вентиляции с рециркуляцией тепловая нагрузка в данном диапазоне поддерживается постоянной. В диапазонах II и III осуществляется центральное качественное регулирование для систем вентиляции без рециркуляции воздуха. Для систем с рециркуляцией в диапазоне III осуществляется местное количественное регулирование изменением расхода сетевой воды и количества наружного и рециркуляционного воздуха. При построении графиков температур сетевой воды для систем вентиляции основной задачей является определение температуры сетевой воды в обратном трубопроводе после калориферов  $\tau_{2v}$  для различных диапазонов отопительного периода. Для решения этой задачи используют следующие уравнения:

Для диапазона I (от  $t_{нк}$  до  $t_{н}'$ )

$$\frac{\Delta t_{к'}}{\Delta t_{к}} \cdot \left( \frac{\tau_1' - \tau_{2v}'}{\tau_1 - \tau_{2v}} \right)^{0,15} = \left( \frac{t_i - t_{н'}}{t_i - t_{н}} \right)^{0,85} \quad (4.35)$$

для диапазона II (от  $t_{н}'$  до  $t_{v}$ )

$$\tau_{2v} = \tau_1 - (\tau_{1v}^p - \tau_{2v}^p) \cdot \left( \frac{t_i - t_{н'}}{t_i - t_{н}} \right) \quad (4.36)$$

для диапазона III (от  $t_{v}$  до  $t_{о}$ )

$$\frac{\Delta t_{к'}}{\Delta t_{к}^p} \cdot \left( \frac{\tau_{1v}^p - \tau_{2v}^p}{\tau_1 - \tau_{2v}} \right)^{0,15} = 1 \quad (4.37)$$

где  $\Delta t_{к}$  - температурный напор в калорифере, определяемый при температуре  $t_{н}$  ( $\Delta t_{к}'$  - то же при температуре  $t_{н}'$ )

$$\Delta t_{к} = 0,5 \cdot (\tau_1 + \tau_{2v}) - 0,5 \cdot (t_{н} + t_i) \quad (4.38)$$

$\Delta t_k^p$  - расчетный температурный напор в калорифере, определенный при температуре наружного воздуха, расчетной для систем вентиляции,  $t_v$

$$\Delta t_k^p = 0,5 \cdot (\tau_{1v}^p + \tau_{2v}^p) - 0,5 \cdot (t_v + t_i) \quad (4.39)$$

$\tau_1, \tau_{2v}$  - значения температур сетевой воды соответственно в подающем трубопроводе перед калориферами и в обратном трубопроводе после калориферов при заданной температуре наружного воздуха  $t_n$

$\tau_1^p; \tau_{2v}^p$  - то же, но для точки излома температурного графика  $t_n$ .

$\tau_{1v}^p; \tau_{2v}^p$  - то же, но при расчетной температуре наружного воздуха для вентиляции,  $t_v$ .

Неизвестные значения температуры обратной воды после калориферов  $\tau_{2v}$  для I и III диапазонов определяют решением уравнений (2.35) и (2.37) методом последовательных приближений. Расчет температур сетевой воды для отопительных и повышенных графиков регулирования может быть выполнен с использованием таблиц и номограмм, приведенных в литературе [9, 10]. На рис 4.3 и 4.4 приведены повышенные графики соответственно для закрытых и открытых систем теплоснабжения.

#### 4.4 Определение расходов сетевой воды

Расчетный расход сетевой воды, кг/ч, для определения диаметров труб в водяных тепловых сетях при качественном регулировании отпуска теплоты следует определять отдельно для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения по формулам:

а) на отопление

$$G_{o\max} = \frac{3,6 \cdot Q_{o\max}}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)} \quad (4.40)$$

б) на вентиляцию

$$G_{v\max} = \frac{3,6 \cdot Q_{v\max}}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)} \quad (4.41)$$

в) на горячее водоснабжение в открытых системах теплоснабжения: среднечасовой

$$G_{1hm} = \frac{3,6 \cdot Q_{hm}}{c \cdot (t_h - t_c)} \quad (4.42)$$

максимальный

$$G_{1h\max} = \frac{3,6 \cdot Q_{h\max}}{c \cdot (t_h - t_c)} \quad (4.43)$$

г) на горячее водоснабжение в закрытых системах теплоснабжения: среднечасовой, при параллельной схеме присоединения водоподогревателей

$$G_{2\text{hm}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{hm}}}{c \cdot (\tau_1' - \tau_3')} \quad (4.44)$$

максимальный, при параллельной схеме присоединении водоподогревателей

$$G_{2\text{hmax}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{hmax}}}{c \cdot (\tau_1' - \tau_3')} \quad (4.45)$$

среднечасовой, при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей

$$G_{3\text{hm}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{hm}}}{c \cdot (\tau_1' - \tau_2')} \cdot \left( \frac{55 - t_h'}{55 - t_c'} + 0,2 \right) \quad (4.46)$$

максимальный, при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей

$$G_{3\text{hmax}} = \frac{3,6 \cdot 0,55 \cdot Q_{\text{hmax}}}{c \cdot (\tau_1' - \tau_2')} \quad (4.47)$$

В формулах (4.40 - 4.47) расчетные тепловые потоки приведены в Вт, теплоёмкость  $c$  принимается равной 4,198 кДж/(кг °С).

Суммарные расчетные расходы сетевой воды, кг/ч, в двухтрубных тепловых сетях в открытых и закрытых системах теплоснабжения при качественном регулировании отпуска теплоты следует определять по формуле

$$G_d = G_{\text{o max}} + G_{\text{v max}} + k_3 \cdot G_{\text{hm}} \quad (4.48)$$

Коэффициент  $k_3$ , учитывающий долю среднечасового расхода воды на горячее водоснабжение при регулировании по нагрузке отопления, следует принимать по таблице 4.1.

При регулировании по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения коэффициент  $k_3$  принимается равным нулю.

Таблица 4.1

Значения коэффициента  $k_3$

Система теплоснабжения	Значение коэффициента $k_3$
Открытая с тепловым потоком 100 и более МВт,	0,6
менее 100 МВт	0,8
Закрытая с тепловым потоком 100 и более МВт	1,0
менее 100 МВт	1,2

ПРИМЕЧАНИЕ. Для закрытых систем теплоснабжения при регулировании по нагрузке отопления и тепловом потоке менее 100 МВт при наличии баков аккумуляторов у потребителей коэффициент  $k_3$  следует принимать равным единице.



Для потребителей при соотношении нагрузок  $\frac{Q_{h\max}}{Q_{o\max}} > 1$  при отсутствии баков

аккумуляторов, а также с суммарным тепловым потоком 10 МВт и менее суммарный расчетный расход воды следует определять по формуле

$$G_d = G_{o\max} + G_{v\max} + G_{h\max} \quad (4.49)$$

Расчетный расход воды, кг/ч, в открытых двухтрубных водяных тепловых сетях в неотапительный период,  $G_d^s$ , равный максимальному расходу воды на горячее водоснабжение в указанный период,  $G_{h\max}^s$ , следует определять по формуле:

$$G_d^s = G_{h\max}^s = \beta \cdot G_{h\max} \quad (4.50)$$

Максимальный расход воды на горячее водоснабжение, кг/ч, для открытых систем теплоснабжения может определяться также по формуле (4.43) при температуре холодной воды в неотапительный период.

Максимальный расход воды на горячее водоснабжение для закрытых систем при всех схемах присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения в неотапительный период определяется по формуле (4.45).

Расход воды в обратном трубопроводе двухтрубных водяных тепловых сетей открытых систем теплоснабжения принимается равным в размере 10 % от расчетного расхода воды, определенного по формуле (4.43). Расчетный расход воды для определения диаметров подающих и циркуляционных трубопроводов систем горячего водоснабжения следует определять в соответствии с указаниями [3].

#### 4.5 Гидравлический расчет тепловых сетей

Основной задачей гидравлического расчета является определение диаметров трубопроводов, а также потерь давления на участках тепловых сетей.

По результатам гидравлических расчетов разрабатывают гидравлические режимы систем теплоснабжения, подбирают сетевые и подпиточные насосы, авторегуляторы, дроссельные устройства, оборудование тепловых пунктов.

При движении теплоносителя по трубам полные потери давления  $\Delta P$  складываются из потерь давления на трение  $\Delta P_{\text{л}}$  и потерь давления в местных сопротивлениях  $\Delta P_{\text{м}}$

$$\Delta P = \Delta P_{\text{л}} + \Delta P_{\text{м}} \quad (4.51)$$

Потери давления на трение  $\Delta P_{\text{л}}$  определяют по формуле

$$\Delta P_{\text{л}} = R \cdot L \quad (4.52)$$

где  $R$  - удельные потери давления, Па/м, определяемые по формуле

$$R = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} \quad (4.53)$$

где  $\lambda$  - коэффициент гидравлического трения;  
 $d$  - внутренний диаметр трубопровода, м;  
 $\rho$  - плотность теплоносителя, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\omega$  - скорость движения теплоносителя, м/с;  
 $L$  - длина трубопровода, м.

Потери давления в местных сопротивлениях  $\Delta P_m$  определяют по формуле

$$\Delta P_m = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} \quad (4.54)$$

где  $\sum \xi$  - сумма коэффициентов местных сопротивлений.

Потери давления в местных сопротивлениях могут быть также определены по следующей формуле

$$\Delta P_m = R L_3 \quad (4.55)$$

где  $L_3$  - эквивалентная длина местных сопротивлений, которую определяют по формуле:

$$L_3 = \sum \xi \cdot \frac{d}{\lambda} \quad (4.56)$$

Перед выполнением гидравлического расчета разрабатывают расчетную схему тепловых сетей. На расчетной схеме проставляют номера участков (сначала по главной магистрали, а потом по ответвлениям), расходы теплоносителя в кг/с или в т/ч, длины участков в метрах. Здесь главной магистралью является наиболее протяженная и нагруженная ветвь сети от источника теплоты (точки подключения) до наиболее удаленного потребителя. При известном располагаемом давлении  $\Delta P_p$  для всей сети, а также для ответвлений, предварительно определяют ориентировочные средние удельные потери давления  $R_m$ , Па/м:

$$R_m = \frac{\Delta P_p}{\sum L \cdot (1 + \alpha)}, \quad (4.57)$$

где  $\sum L$  - суммарная протяженность расчетной ветви (ответвления) на потери давления в которой используется величина  $\Delta P_p$ ;

$\alpha$  - коэффициент, учитывающий долю потерь давления в местных сопротивлениях.

Гидравлический расчет выполняют по таблицам и номограммам, представленным в литературе [8, 9, 10], а также по номограммам. Сначала выполняют расчет главной магистрали. По известным расходам, ориентируясь на рекомендованные величины удельных потерь давления  $R$ , определяют диаметры трубопроводов  $d_n \times S$ ; фактические удельные потери давления  $R$ , Па/м; а также скорость движения теплоносителя  $\omega$ , м/с. Условный проход труб, независимо от расчетного расхода теплоносителя должен приниматься в тепловых сетях не менее 32 мм. Скорость движения воды не должна быть более 3,5 м/с. Определив диаметры трубопроводов, находят количество компенсаторов на участках и другие виды местных сопротивлений. Потери давления в местных сопротивлениях определяют по формуле (4.54),

либо, по формуле (4.55). Затем определяют полные потери давления на участках главной магистрали и суммарные по всей ее длине. Далее выполняют гидравлический расчет ответвлений, увязывая потери давления в них с соответствующими частями главной магистрали (от точки деления потоков до конечных потребителей). Увязку потерь давления следует выполнять подбором диаметров трубопроводов ответвлений. Невязка не должна быть более 10 %. При невозможности полностью увязать диаметрами, излишний напор на ответвлениях должен быть погашен соплами элеваторов, дроссельными диафрагмами и авторегуляторами потребителей.

Таблицы и номограммы гидравлического расчета, приведенные в литературе [8, 9, 10], составлены для эквивалентной шероховатости труб  $K_s=0,5$  мм. При расчете трубопроводов с другой шероховатостью к значениям удельных потерь давления  $R$  следует принимать поправочный коэффициент  $\beta$ , (см.[9] табл. 4.14). Диаметры подающего и обратного трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при совместной подаче теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение должны приниматься, как правило, одинаковыми.

При неизвестном располагаемом перепаде давления в начале теплотрассы, удельные потери давления  $R$  в магистральных тепловых сетях могут быть приняты согласно рекомендациям [10]:

- а) на участках главной магистрали 20-40, но не более 80 Па/м;
- б) на ответвлениях - по располагаемому перепаду давления, но не более 300 Па/м.

#### 4.6 Гидравлические режимы водяных тепловых сетей

Для водяных тепловых сетей могут разрабатываться следующие гидравлические режимы:

- расчетный - по расчетным расходам сетевой воды;
- зимний - при максимальном отборе воды на горячее водоснабжение из обратного трубопровода;
- переходный - при максимальном отборе воды на горячее водоснабжение из подающего трубопровода;
- летний - при максимальной нагрузке горячего водоснабжения в неотапительный период;
- статический - при отсутствии циркуляции теплоносителя в тепловой сети;
- аварийный.

Эквивалентную шероховатость внутренней поверхности новых стальных труб для водяных тепловых сетей следует принимать  $k_s = 0,0005$  м;

Гидравлические режимы водяных тепловых сетей (пьезометрические графики) следует разрабатывать для отопительного и неотапительного периодов.

Пьезометрический график позволяет: определить напоры в подающем и обратном трубопроводах, а также располагаемый напор в любой точке тепловой сети; с учетом рельефа местности, располагаемого напора и высоты зданий выбрать схемы присоединения потребителей; подобрать авторегуляторы, сопла элеваторов, дроссельные устройства для местных систем теплоснабжения; подобрать сетевые и подпиточные насосы.

Пьезометрические графики строятся для магистральных и квартальных тепловых сетей. Для магистральных тепловых сетей могут быть приняты масштабы: горизонтальный  $M_H$  1:10000; вертикальный  $M_B$  1:1000; для квартальных тепловых сетей:  $M_H$  1:1000,  $M_B$  1:500.

Пьезометрические графики строятся для статического и динамического режимов системы теплоснабжения. За начало координат в магистральных сетях принимают местоположение ТЭЦ. В принятых масштабах строят профиль трассы и высоты

присоединенных потребителей (приняв 9-ти этажную застройку). За нулевую отметку оси ординат (оси напоров) принимают обычно отметку нижней точки теплотрассы или отметку сетевых насосов. Строят линию статического напора, величина которого должна быть выше местных систем теплопотребления не менее чем на 5 метров, обеспечивая их защиту от «оголения», и в то же время должна быть менее на 10 или более метров величины максимального рабочего напора для местных систем. Статический напор в системах теплоснабжения при теплоносителе воде должен определяться для температуры сетевой воды, равной 100 °С..

Величина максимального рабочего напора местных систем теплопотребления составляет: для систем отопления со стальными нагревательными приборами и для калориферов - 80 метров; для систем отопления с чугунными радиаторами - 60 метров; для независимых схем присоединения с поверхностными теплообменниками - 100 метров.

Затем приступают к построению графиков напоров для динамического режима. На оси ординат откладывают требуемый напор у всасывающих патрубков сетевых насосов (30 - 35 метров) в зависимости от марки насоса. Давление и температура воды на всасывающих патрубках сетевых, подпиточных, подкачивающих и смесительных насосов не должны быть ниже давления кавитации и не должны превышать допускаемых по условиям прочности конструкций насосов.

Затем, используя результаты гидравлического расчета, строят линию потерь напора обратной магистрали. Величина напоров в обратной магистрали должна соответствовать требованиям указанным выше при построении линии статического напора. Напор воды в обратных трубопроводах водяных тепловых сетей при гидродинамическом режиме должен быть избыточным (не менее 5 метров), быть выше местных систем теплопотребления не менее чем на 5 метров, обеспечивая их защиту от «оголения», и в то же время должен быть меньше на 10 (или более метров) величины максимального рабочего напора для местных систем теплопотребления. Далее строится линия располагаемого напора для системы теплоснабжения расчетного квартала величина которого может быть принята 40 - 50 м.

Затем строится линия потерь напора подающего трубопровода, а также линия потерь напора в коммуникациях источника теплоты (ТЭЦ). При отсутствии данных, потери напора в коммуникациях ТЭЦ могут быть приняты равными 25 - 30 м. Напор во всех точках подающего трубопровода, исходя из условия его механической прочности, не должен превышать 160 м. Следует также учитывать, что напор в подающих трубопроводах водяных тепловых сетей при работе сетевых насосов должен обеспечить «невскипание» воды при ее максимальной температуре.

Пьезометрический график при изменении напора подпиточного насоса может быть перемещен параллельно себе вверх или вниз, если возникает опасность «оголения» или «раздавливания» местных систем теплопотребления.

При этом необходимо учитывать, чтобы напор на всасывающем патрубке сетевого насоса не превысил предельного значения для принятой марки насоса как по минимуму так и по максимуму (см. приложение 19 учебного пособия). Под пьезометрическим графиком располагают спрямленную однолинейную схему теплотрассы с ответвлениями, указывают номера и длины участков, диаметры трубопроводов, расходы теплоносителя, располагаемые напоры в узловых точках. На пьезометрическом графике главной магистрали строится график расчетного ответвления.

Пьезометрические графики должны быть построены и для неотапительного периода. В закрытых системах для этого необходимо определить потери напора в подающем и обратном трубопроводах главной магистрали при пропуске максимального расхода сетевой воды на горячее водоснабжение в неотапительный период  $G_{hmax}^s$ . В открытых системах потери напора в подающей магистрали определяют при пропуске расхода равного  $G_{hmax}^s$ , в обратной магистрали при пропуске расхода равного 10%  $G_{hmax}^s$  (см. также подбор сетевых и подпиточных насосов...). Потери напора в коммуникациях источника, а также

располагаемый напор перед расчетным кварталом принимают такими же, как и для отопительного периода.

При построении пьезометрического графика для квартальных сетей следует учитывать, что квартальные сети являются продолжением магистральных сетей, и линии напоров пьезометрического графика квартальных сетей и при статическом и при динамическом режимах будут продолжением соответствующих линий пьезометрического графика магистральных тепловых сетей.

Располагаемый напор в начале квартальных сетей должен быть использован на потери напора в подающей и обратной магистралях квартальных сетей и на потери напора в местных системах теплоснабжения зданий кварталов. При построении пьезометрического графика для квартальных сетей, располагаемый напор на вводе в здание, (при элеваторном присоединении системы отопления), следует принимать равным расчетным потерям напора на вводе и в местной системе с коэффициентом 1,5, но не менее 15 метров, а при наличии кроме элеваторной системы отопления и закрытой системы горячего водоснабжения, - 25 метров. Избыточный напор рекомендуется гасить в авторегуляторах тепловых пунктов зданий.

#### 4.7 Подбор сетевых и подпиточных насосов

Напор сетевых насосов  $H_{\text{сн}}$  следует определять для отопительного и неотопительного периодов и принимать равным сумме потерь напора в оборудовании источника теплоты  $\Delta H_{\text{ист}}$ , в подающем  $\Delta H_{\text{под}}$  и обратном  $\Delta H_{\text{обр}}$  трубопроводах магистральных тепловых сетей от источника теплоты до наиболее удаленного квартала, и в системе теплоснабжения квартала  $\Delta H_{\text{кв}}$  (включая потери в тепловых пунктах и насосных) при суммарных расчетных расходах воды по следующей формуле

$$H_{\text{сн}} = \Delta H_{\text{ист}} + \Delta H_{\text{под}} + \Delta H_{\text{обр}} + \Delta H_{\text{кв}} \quad (4.58)$$

Потери напора в коммуникациях источника при отсутствии более точных данных могут быть приняты равными 25 - 30 м. Потери напора в квартальной системе теплоснабжения, следует принимать не менее 40 - 50 м. Потери напора в подающем и обратном трубопроводах для отопительного периода принимают по результатам гидравлического расчета при пропуске суммарных расчетных расходов воды. Для неотопительного периода потери напора в подающих трубопроводах  $\Delta H_{\text{под}}^{\text{s}}$  могут быть приближенно определены по следующей формуле

$$\Delta H_{\text{под}}^{\text{s}} = \Delta H_{\text{под}} \cdot \left( \frac{G_{\text{hmax}}^{\text{s}}}{G_{\text{д}}} \right)^2 \quad (4.59)$$

Потери напора в обратном трубопроводе закрытых систем теплоснабжения в неотопительный период  $\Delta H_{\text{обр}}^{\text{s}}$  принимают равными потерям напора в подающем трубопроводе

Потери напора в обратном трубопроводе открытых систем теплоснабжения в неотопительный период  $\Delta H_{\text{обр}}^{\text{s}}$  могут быть определены по формуле

$$\Delta H_{\text{обр}}^s = \Delta H_{\text{под}} \cdot \left( \frac{0,1 \cdot G_{\text{hmax}}^s}{G_d} \right) \quad (4.60)$$

где  $G_d$  - суммарный расход сетевой воды на головном участке системы теплоснабжения в отопительный период;

$G_{\text{hmax}}^s$  максимальный расход сетевой воды на горячее водоснабжение в неотапливаемый период, определяемый по формуле (4.50).

Подачу (производительность) рабочих насосов следует принимать:

а) сетевых насосов для закрытых систем теплоснабжения в отопительный период - по суммарному расчетному расходу воды, определяемому по формуле (2.48) учебного пособия;

б) сетевых насосов для открытых систем теплоснабжения в отопительный период - по суммарному расчетному расходу воды, определяемому при  $k_4 = 1,4$  по формуле

$$G_d = G_{\text{o max}} + G_{\text{v max}} + k_4 \cdot G_{\text{hm}} \quad (4.61)$$

в) сетевых насосов для закрытых и открытых систем теплоснабжения в неотапливаемый период - по максимальному расходу воды на горячее водоснабжение в неотапливаемый период (формула (4.50)) учебного пособия.

Число сетевых насосов следует принимать не менее двух, один из которых - резервный; при пяти рабочих сетевых насосах, соединённых параллельно в одной группе, допускается резервный насос не устанавливать.

Напор подпиточных насосов  $H_{\text{пн}}$  должен определяться из условий поддержания в водяных тепловых сетях статического напора  $H_{\text{ст}}$  и преодоления потерь напора в подпиточной линии  $\Delta H_{\text{пл}}$ , величина которых, при отсутствии более точных данных, принимается равной 10-20 м.

$$H_{\text{пн}} = H_{\text{ст}} + \Delta H_{\text{пл}} \pm z \quad (4.62)$$

В формуле (4.62)  $z$  - разность отметок уровня воды в подпиточном баке и оси подпиточных насосов.

Напор подпиточных насосов должен проверяться для условий работы сетевых насосов в отопительный и неотапливаемый периоды.

Допускается предусматривать установку отдельных групп подпиточных насосов с различными напорами для отопительного, неотапливаемого периодов и для статического режима.

Подачу подпиточных насосов  $G_{\text{пн}}$  в закрытых системах теплоснабжения следует принимать равной расчетному расходу воды на компенсацию утечки из тепловой сети  $G_{\text{ут}}$  (см. формулу (2.63)), а в открытых системах - равной сумме максимального расхода воды на горячее водоснабжение  $G_{\text{hmax}}$  и расчетного расхода воды на компенсацию утечки  $G_{\text{ут}}$  (см. формулу (2.64))

$$G_{\text{пн}} = G_{\text{ут}} \quad (4.63)$$

$$G_{\text{пн}} = G_{\text{ут}} + G_{\text{hmax}} \quad (4.64)$$

Расчетный расход воды на компенсацию утечки  $G_{ут}$ , принимается в размере 0,75% от объема воды в системе теплоснабжения, аварийный расход на компенсацию утечки принимается в размере 2% от объема воды в системе теплоснабжения. Объем воды в системе теплоснабжения допускается принимать равным 65 м<sup>3</sup> на 1 МВт расчетного теплового потока при закрытой системе теплоснабжения и 70 м<sup>3</sup> на 1 МВт - при открытой системе теплоснабжения.

Число параллельно включенных подпиточных насосов следует принимать: в закрытых системах теплоснабжения не менее двух, один из которых является резервным; в открытых системах не менее трех, один из которых также является резервным. Технические данные насосов для систем теплоснабжения приведены в литературе [8, 9, 11]. При подборе насосов следует учитывать требования по максимальной температуре воды, по величине допускаемых напоров на всасывающем патрубке насоса. Из условий экономии потребления электроэнергии величина КПД насоса не должна быть менее 90% от величины его максимального КПД.

#### 4.8 Расчет толщины тепловой изоляции

В конструкциях теплоизоляции оборудования и трубопроводов с температурой содержащихся в них веществ в диапазоне от 20°С до 300°С для всех способов прокладки, кроме бесканальной, следует применять теплоизоляционные материалы и изделия с плотностью не более 200 кг/м<sup>3</sup> и коэффициентом теплопроводности в сухом состоянии не более 0,06 Вт/(м·К).

Для теплоизоляционного слоя трубопроводов при бесканальной прокладке следует применять материалы с плотностью не более 400 кг/м<sup>3</sup> и коэффициентом теплопроводности не более 0,07 Вт/(м·К).

При бесканальной прокладке тепловых сетей следует преимущественно применять предварительно изолированные в заводских условиях трубы с изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке или армопенобетона с учетом допустимой температуры применения материалов и температурного графика работы тепловых сетей. Трубопроводы с изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке должны быть снабжены системой дистанционного контроля влажности изоляции.

Расчет толщины тепловой изоляции трубопроводов  $\delta_k$  по нормированной плотности теплового потока выполняют по формуле

$$\delta_k = \frac{d \cdot (B - 1)}{2}, \quad (4.65)$$

где  $d$  - наружный диаметр трубопровода, м;

$B$  - отношение наружного диаметра изоляционного слоя  $d_i$  к диаметру трубопровода

$$d \cdot (B = \frac{d_i}{d});$$

Величину  $B$  определяют по формуле:

$$B = e^{2\pi \cdot \lambda_k \cdot R_k}, \quad (4.66)$$

где  $e$  - основание натурального логарифма;

$\lambda_k$  - коэффициент теплопроводности теплоизоляционного слоя, Вт/(м · °С), определяемый по приложениям 9,10 учебного пособия;

$R_k$  - термическое сопротивление слоя изоляции, м<sup>2</sup>·°C/Вт, величину которого определяют из следующего выражения

$$R_k = R_{\text{tot}} - \sum R_i \quad (4.67)$$

где  $R_{\text{tot}}$  - суммарное термическое сопротивление слоя изоляции и других дополнительных термических сопротивлений на пути теплового потока определяемое по формуле

$$R_{\text{tot}} = \frac{(t_w - t_e)}{q_e \cdot k_1} \quad (4.68)$$

где  $q_e$  - нормированная линейная плотность теплового потока, Вт/м, принимаемая по [4];

$t_w$  - средняя за период эксплуатации температура теплоносителя,

$k_1$  - коэффициент;

$t_e$  - среднегодовая температура окружающей среды;

При подземной прокладке  $t_e$  - среднегодовая температура грунта, которая для большинства городов находится в пределах от +1 °C до +5 °C.

При прокладке в тоннелях, в помещениях, в неотапливаемых техподпольях, при наземной прокладке на открытом воздухе  $t_e$  - средняя за период эксплуатации температура окружающего воздуха, которая принимается:

- при прокладке в тоннелях  $t_e = 40$  °C; при прокладке в помещениях  $t_e = 20$  °C;

- в неотапливаемых техподпольях  $t_e = 5$  °C; при наземной прокладке на открытом воздухе - средняя за период эксплуатации температура окружающего воздуха;

Виды дополнительных термических сопротивлений  $\sum R_i$  зависят от способа прокладки тепловых сетей.

При наземной прокладке, а также прокладке в тоннелях и техподпольях

$$\sum R_i = R_{\text{nc}} \quad (4.69)$$

При подземной канальной прокладке:

$$\sum R_i = R_{\text{nc}} + (1 + \psi) \cdot (R_{\text{nc}} + R_k + R_{\text{гр}}) \quad (4.70)$$

При подземной бесканальной прокладке:

$$\sum R_i = R_{\text{гр}} + R_o \cdot \psi \quad (4.71)$$

где  $R_{\text{nc}}$  - термическое сопротивление поверхности изоляционного слоя, м<sup>2</sup>·°C /Вт, определяемое по формуле



$$R_{\text{пк}} = \frac{1}{\alpha_e \cdot \pi \cdot (d + 0,1)} \quad (4.72)$$

где  $\alpha_e$  - коэффициент теплоотдачи с поверхности тепловой изоляции в окружающий воздух, Вт/(м<sup>2</sup> · °С) который, согласно [4], принимается:

- при прокладке в каналах  $\alpha_e = 8$  Вт/(м<sup>2</sup> · °С);

- при прокладке в техподпольях, закрытых помещениях и на открытом воздухе по таблице 4.2;

$d$  - наружный диаметр трубопровода, м;

Таблица 4.2

Значения коэффициента теплоотдачи  $\alpha$ , Вт/(м<sup>2</sup> · °С)

Изолированный объект	В закрытом помещении		На открытом воздухе при скорости ветра <sup>3</sup> , м/с		
	Покрытия с малым коэффициентом излучения <sup>1</sup>	Покрытия с высоким коэффициентом излучения <sup>2</sup>	5	10	15
Горизонтальные трубопроводы	7	10	20	26	35

<sup>1</sup> К ним относятся кожухи из оцинкованной стали, листов алюминиевых сплавов и алюминия с оксидной пленкой.  
<sup>2</sup> К ним относятся штукатурки, асбестоцементные покрытия, стеклопластики, различные окраски (кроме краски с алюминиевой пудрой).  
<sup>3</sup> При отсутствии сведений о скорости ветра принимают значения, соответствующие скорости 10 м/с.

$R_{\text{пк}}$  - термическое сопротивление поверхности канала, определяемое по формуле

$$R_{\text{пк}} = \frac{1}{\alpha_e \cdot \pi \cdot d_{\text{вэ}}} \quad (4.73)$$

где  $\alpha_e$  - коэффициент теплоотдачи от воздуха к внутренней поверхности канала;  $\alpha_e = 8$  Вт/(м<sup>2</sup> · °С);

$d_{\text{вэ}}$  - внутренний эквивалентный диаметр канала, м, определяемый по формуле

$$d_{\text{вэ}} = \frac{4 \cdot F}{P} \quad (4.74)$$

где  $F$  - внутреннее сечение канала, м<sup>2</sup>;

$P$  - периметр сторон по внутренним размерам, м;

$R_{\text{к}}$  - термическое сопротивление стенки канала определяемое по формуле

$$R_{\text{к}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{ст}}} \cdot \ln \frac{d_{\text{нэ}}}{d_{\text{вэ}}}, \quad (4.75)$$

где  $\lambda_{\text{ст}}$  - теплопроводность стенки канала; для железобетона

$\lambda_{\text{ст}} = 2,04$  Вт/(м · °С);

$d_{\text{нз}}$  - наружный эквивалентный диаметр канала, определяемый по наружным размерам канала, м;

$R_{\text{гр}}$  - термическое сопротивление грунта определяемое по формуле

$$R_{\text{гр}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{гр}}} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot h}{d_{\text{нз}}} + \sqrt{\frac{4 \cdot h^2}{d_{\text{нз}}^2} - 1} \right), \quad (4.76)$$

где  $\lambda_{\text{гр}}$  - теплопроводность грунта, зависящая от его структуры и влажности. При отсутствии данных его значение можно принимать для влажных грунтов  $\lambda_{\text{гр}} = 2-2,5$  Вт/(м·°С), для сухих грунто  $\lambda_{\text{гр}} = 1,0-1,5$  Вт/(м·°С);

$h$  - глубина заложения оси теплопровода от поверхности земли, м;

$R_0$  - добавочное термическое сопротивление, учитывающее взаимное влияние труб при бесканальной прокладке, величину которого определяют по формулам:

- для подающего трубопровода

$$R_{01} = \psi_1 \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{гр}}} \cdot \ln \sqrt{\frac{4 \cdot h^2}{b^2} + 1} \quad (4.77)$$

- для обратного трубопровода

$$R_{02} = \psi_2 \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{гр}}} \cdot \ln \sqrt{\frac{4 \cdot h^2}{b^2} + 1} \quad (4.78)$$

где  $h$  - глубина заложения осей трубопроводов, м;

$b$  - расстояние между осями трубопроводов, м, принимаемое в зависимости от их диаметров условного прохода по таблице 4.3.

Таблица 4.3

Расстояние между осями трубопроводов

$d_y$ , мм	50-80	100	125-150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
$b$ , мм	350	400	500	550	600	650	700	600	900	1000	1300	1400

$\psi_1, \psi_2$  - коэффициенты, учитывающие взаимное влияние температурных полей соседних теплопроводов, определяемые по формулам:

$$\psi_1 = \frac{q_{e1}}{q_{e2}} \quad (4.79)$$

$$\psi_2 = \frac{q_{e2}}{q_{e1}} \quad (4.80)$$

где  $q_{e1}$ ,  $q_{e2}$  - нормированные линейные плотности тепловых потоков соответственно для подающего и обратного трубопроводов, Вт/м (см. формулу (4.68)).

Расчетную толщину теплоизоляционного слоя в конструкциях тепловой изоляции на основе волокнистых материалов и изделий (матов, плит, холстов) следует округлять до значений, кратных 10 мм.

В конструкциях на основе минераловатных цилиндров, жестких ячеистых материалов, материалов из вспененного синтетического каучука, пенополиэтилена и пенопластов следует принимать ближайшую к расчетной толщину изделий по нормативным документам на соответствующие материалы.

Если расчетная толщина теплоизоляционного слоя не совпадает с номенклатурной толщиной выбранного материала, следует принимать по действующей номенклатуре ближайшую более высокую толщину теплоизоляционного материала.

Допускается принимать ближайшую более низкую толщину теплоизоляционного слоя в случаях расчета по температуре на поверхности изоляции и нормам плотности теплового потока, если разница между расчетной и номенклатурной толщиной не превышает 3 мм.

Минимальную толщину теплоизоляционного слоя следует принимать:

- при изоляции цилиндрами из волокнистых материалов - равной минимальной толщине, предусматриваемой государственными стандартами или техническими условиями;
- при изоляции тканями, полотном стекловолкнистым, шнурами - 20 мм.
- при изоляции изделиями из волокнистых уплотняющихся материалов - 20 мм;
- при изоляции жесткими материалами, изделиями из вспененных полимеров - равной минимальной толщине, предусматриваемой государственными стандартами или техническими условиями.

Предельная толщина теплоизоляционного слоя в конструкциях тепловой изоляции оборудования и трубопроводов приведена в таблице 4.4.

Таблица 4.4

Предельные толщины теплоизоляционных конструкций для оборудовании и трубопроводов

Наружный диаметр, мм	Способ прокладки трубопровода		
	Надземный	В тоннеле	В непроходном канале
	Предельная толщина теплоизоляционного слоя, мм, при температуре, °С		
	20 и более	20 и более	до 150 вкл.
32	140	100	80
45	140	100	80
57	150	120	90
76	160	140	90
89	170	160	100
108	180	160	100
133	200	160	100
159	220	160	120
219	230	180	120

Наружный диаметр, мм	Способ прокладки трубопровода		
	Надземный	В тоннеле	В непроходном канале
	Предельная толщина теплоизоляционного слоя, мм, при температуре, °С		
	20 и более	20 и более	до 150 вкл.
273	230	180	120
325	240	200	120
377	240	200	120
426	250	220	140
476	250	220	140
530	260	220	140
630	280	240	140
720	280	240	140
820	300	240	140
920	300	260	140
1020 и более	320	260	140

**Примечания**

2 В случае если расчетная толщина изоляции больше предельной, следует принимать более эффективный теплоизоляционный материал и ограничиться предельной толщиной тепловой изоляции, если это допустимо по условиям технологического процесса.

## Список рекомендуемой литературы

### *Проектирование тепловых сетей*

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М: Энергия. 1982- 360с.
2. Манюк В.И., Каплинский Я.И., Хиж Э.Б. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. М: Стройиздат.1988-432с.
3. Стефанов Е.В. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Л: ЛВВИСКУ. 1982-474с.
4. Немцов З.Ф. , Арсеньев Г.В. Теплоэнергетические установки и теплоснабжение. М: Энергоиздат. 1982-400с.
5. СН 542-81. Инструкция по проектированию тепловой изоляции оборудования и трубопроводов промышленных предприятий. Госстрой СССР.М: Стройиздат.
6. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию/И. В. Беляйкина, В. П. Витальев, Н. К. Громов и др.: Под ред. Н. К. Громова, Е. П. Шубина. - М.: Энергоатомиздат, 1988.- 376 с.
7. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей.: Справочник / В. И. Манюк, Я. И. Каплинский, Э. Б. Хиж и др. - изд., 3-е переработ. и доп.- М.: Стройиздат, 1988. - 432 с.
8. Справочник проектировщика под ред. А.А.Николаева. – Проектирование тепловых сетей.-М.: 1965-360 с.
9. Малышенко В.В., Михайлов А.К..Энергетические насосы. Справочное пособие. М.: Энергоатомиздат, 1981.-200с.
10. Лямин А.А., Скворцов А.А.. Проектирование и расчет конструкций тепловых сетей -Изд. 2-е.- М.: Стройиздат, 1965. - 295 с
11. Зингер Н.М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем. - Изд. 2-е.- М.: Энергоатомиздат, 1986.-320 с.
12. Справочник строителя тепловых сетей. / Под ред. С.Е. Захаренко.- Изд. 2-е.- М.: Энергоатомиздат, 1984.-184с.

### *Проектирование или реконструкция котельных паровых котлов*

1. Бузников Е.Ф., Верес А.А., Грибов В.Б. Пароводогрейные котлы для электростанции и котельных. М: Энергоатомиздат .1989-207с.
2. Ковалев А.П., Лелеев Н.С., Виленский Т.В. Парогенераторы. М: Энергоатомиздат.1985-376с.
3. Липов Ю.М. Компановка и тепловой расчет парового котла. М: Энергоатомиздат. 1988-232с.
4. Эстеркин Р.И. Котельные установки. Курсовые и дипломное проектирование. Л: Энергоатомиздат.1989-280с.
5. Безгрешнов А.Н., Липов Ю.М., Шлейфер Б.М. Расчет паровых котлов в примерах и задачах. М: Энергоатомиздат. 1991-240с.
6. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). М: Энергия. 1973-296с.
7. Аэродинамический расчет котельных установок (нормативный метод) М: Энергия 1977-135 с.
8. Гидравлический расчет котельных агрегатов (нормативный метод). Под ред. Локшина В.А. М: Энергия. 1978 -252с.
9. Роддатис К.Ф., Поларецкий А.Н. Справочник по котельным установкам малой производительности. М: Энергоатомиздат. 1989-488 с.

### *Проектирование и модернизация тепловых электрических станций*

1. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. М: Энергоатомиздат. 1987-328с.

2. Стерман Л.С., Покровский В.Н. Физические и химические методы обработки воды на ТЭС. М: Энергоатомиздат. 1991-328с.
3. Купцов И.В., Иоффе Ю.Р. Проектирование и строительство тепловых электростанций. М: Энергоатомиздат.1985-408с.
4. Гофман Ю.М. Оценка работоспособности металла энергооборудования ТЭС. М: Энергоатомиздат.1990-136с.
5. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. М: Энергоатомиздат. 1989-288с.

*Для раздела "Автоматизация технологических процессов"*

1. Автоматизация методических печей. Под ред. Климовицкого М.Д. М: Металлургия. 1981-196с.
2. Беляев Г.Б., Кузишин В.Д., Смирнов Н.И. Технические средства автоматизации в теплоэнергетике.М: Энергоатомиздат. 1982-320с.
3. Веллер В.Н. Регулирование и защита паровых турбин. М: Энергоатомиздат.1985-104с.
4. Кириллов И.И. Автоматическое регулирование паровых турбин и газотурбинных установок. Л: Машиностроение. 1988-447с.
5. Фаликов В.С., Витальев В.П. Автоматизация тепловых пунктов. М: Энергоатомиздат. 1989-256с.

*Для проектирования и модернизации промышленных печей*

1. Металлургическая теплотехника. В 2-х томах. Под.ред. Кривандик 1986.
2. Троянкин Ю.В. Проектирование и эксплуатация огнетехнических установок. М: Энергоатомиздат.1988.
3. Сооружение промышленных печей. Справочник монтажника. Под ред. Шишкова И.А. М: Стройиздат.1978.
4. Теплотехнические расчеты металлургических печей. Зобнин Б.Ф., Каздев М.Д., Китаев Б.И. и др. М: Металлургия.1982-360с.

*Проект рационального теплоиспользования*

1. Семенов Н.А. Организация теплоиспользования и энерготехнологическое комбинирование в промышленной огнетехнике.М: Энергия, 1976 – 280с.
2. Котлы-утилизаторы и энерготехнологические агрегаты. Под ред. Сидельковского Л.Н. М: Энергоатомиздат. 1989-272с.
3. Спейшер В.А., Горбаненко А.Д. Повышение эффективности использования газа и мазута в энергетических установках М: Энергоатомиздат.1991-184с.
4. Куперман Л.И., Романовский С.А., Сидельковский Л.Н. Вторичные энерго – ресурсы и энерго – технологическое комбинирование в промышленности. К: Вища шк. 1986-303с.
5. Ахмедов Р.Б. и др. Рациональное использование газа в энергетических установках. Л: Недра.1990.

*По реконструкции горелочных устройств котла и перевода на сжигание непроектного угля*

1. Удыма П.Г. Аппараты с погруженными горелками. М: Машиностроение 1973-270с.
2. Гусовский В.Л., Лифшиц А.Е., Тымчак В.М. Сожигательные устройства нагревательных и термических печей. М: Металлургия. 1981-272с.
3. Пажи Д.Г., Галустов В.С. Основы техники распыливания жидкостей М: Химия 1984-256с.
4. Иссерлин А.С. Основы сжигания газового топлива Л: Недра. 1987 – 337 с.

*Проектирование паровых и газотурбинных установок*

1. Паровые и газовые турбины. Под ред. Костюка АА.Т. М: Энергоатомиздат.1985-352 с.
2. Гиршфельд В.Я., Князев А.М., Куликов В.Е. Режимы работы и эксплуатации ТЭС. М: Энергия, 1980-288 с.
3. Трухний А.Д., Лосев С.М. Стационарные паровые турбины. М: Энергия.1981-456с.
4. Капелович Б.Э. Эксплуатация паротурбинных установок. М: Энергоатомиздат.1985-304с.
5. Семенов А.С., Шевченко А.М. Тепловой расчет паровой турбины. К: Вища шк. 1975-208с.

*К экономическому разделу*

1. Основные положения по нормировании расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве. М: Атомиздат.1980 -16с.
2. Златопольский А.Н. , Завадский И.М. Экономика промышленной теплоэнергетики. М: Высшая школа 1975-328с.
3. Теплоэнергетика металлургических заводов. Розенгарт Ю.И. Мурадова З.А. и др. М: Металлургия.1985-303с.
4. Златопольский А.Н., Прузнер С.Л. Организация и планирование теплоэнергетики. М: Высшая школа 1972-332 с.
5. Волков О.И. Экономика предприятия/ Учебник – М.: ИНФРА–М., 2000–520 с.
6. Гудушаури Г.В., Литвак Б.Г. Управление современным предприятием – М., ЭКМОС, 1998 – 210с.
7. Зайцев Н. Л. Экономика промышленного предприятия: Учебник. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Инфра-М, 2000. – 358 с. – (серия «Высшее образование»)
8. Самсонов В.С. Экономика предприятий энергетического комплекса: Учебник для вузов – М.: Высш. шк., 2003. – 416 с
9. Экономика предприятия/ Под ред. В.Я. Горфинкеля, В.А.Швандар. М.: Юнити, 2000 – 718с.
10. Экономика предприятия /под ред. Н.А. Сафронова – М.: Юристъ, 1998 – 581с.
11. Экономика предприятия /Под ред. В.Я. Горфинкеля, Е.М. Купрякова. М.: Банки и биржи, 1996 – 338с.

*К разделу охраны окружающей среды*

1. Жабо В.В. Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС. М: Энергоатомиздат.1992-240с.
2. Рихтер Л.А. , Волков Э.П., Покровский В.Н. – охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов тепловых электростанций. М: Энергоатомиздат.1981-296с.
3. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. Л: Недра.1988-312с.
4. Справочник по пыли и золоулавливанию. Под. ред. Русанова А.А. М: Энергоатомиздат.1983.
5. Денисов С.И. Улавливание и утилизация пылей и газов. М: Металлургия.1991-320с.
6. ГОСТ 17.2.3 – 02-78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.

*К разделу охраны труда*

1. Гаджиев В.А., Воронина А.А.Охрана труда в тепловом хозяйстве промышленных предприятий. М: Энергия.1980-224 с.

2. Гинзбург- Шик Л.Д. Справочное пособие по технике безопасности. М: Энергоатомиздат.1990-224 с.
3. Онищенко Н.П. Охрана труда при эксплуатации котельных установок. М: Стройиздат.1991-400 с.
4. СНиП II-12-77. Защита от шума. Нормы проектирования. М: Стройиздат.1978.
5. СНиП II-12-80. Противопожарные нормы. Проектирования зданий и сооружений. М: Стройиздат.1983.



Приложение А  
(обязательное)

**Пример оформления обложки**

**НАО «Казахский агротехнический исследовательской университет им. С.Сейфуллина»**

**Иванов И.И.**

Повышение энергоэффективности тепловой схемы турбоагрегата К-500-240-4 ЛМЗ на  
Экибастузской ГРЭС-2 путем комплексного обследования

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

**специальность 6В07107 – «Теплогазоснабжение, вентиляция и экоинженерия в  
сельском хозяйстве»**

**Астана 2023**

Приложение Б  
(обязательное)

Ф.110.07-01

**Пример оформления титульного листа**

**НАО «Казахский агротехнический исследовательской университет им. С.Сейфуллина»**

«Допущена к защите»

\_\_\_\_\_  
Заведующей кафедрой \_\_\_\_\_ **А.К. Мергалимова**

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

**На тему: «Повышение энергоэффективности тепловой схемы турбоагрегата К-500-240-4  
ЛМЗ на Экибастузской ГРЭС-2 путем комплексного обследования»**

**По специальности / образовательной программе (Шифр / код и наименование)**

**Выполнил**

**И.И. Иванов**

**Научный руководитель**

**д.т.н., проф.**

**П.П. Петров**

**Астана 2023**

Приложение В

(обязательное)

Ф.110.07-02

Форма задания по дипломной работе (проекту)

АО «Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина»

Факультет \_\_\_\_\_ Кафедра \_\_\_\_\_

Специальность \_\_\_\_\_

(шифр, название)

Утверждаю

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

подпись

ФИО

\_\_\_\_\_ (число, месяц, год)

**ЗАДАНИЕ**

по выполнению дипломного проекта (работы)  
студенту \_\_\_\_\_

(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта (работы) \_\_\_\_\_

утверждена приказом от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Срок сдачи студентом законченного проекта \_\_\_\_\_

Исходные данные к проекту \_\_\_\_\_

Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Продолжение приложения В**  
(обязательное)

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

---

---

---

Рекомендуемая основная литература \_\_\_\_\_

---

---

---

Консультанты по проекту (с указанием относящихся к ним разделов проекта)

Раздел	Консультант	Контроль	
		сроки	подпись

Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

Руководитель проекта \_\_\_\_\_  
Подпись, ФИО, должность

Задание принял к исполнению студент \_\_\_\_\_  
(подпись студента ФИО)

## Приложение Г

### Пример оформления списка использованной литературы

#### Список использованной литературы

- 1 Старшинов Б.С. Введение в элементарную квантовую физику: учебное пособие/Б.С. Старшинов. – М.: МГТУ им. С Баумана, 2009. – 50 с.: ил. // Lanbook.com/view/book/54469
- 2 Шатров Я.Т. Влияние ракетно-космического топлива на свойства почв /Я.Т. Шатров // Агрохимия. – 2014. – №9. – С.72-76 // elibrary.ru/downoad /6473813. pdf
- 3 Тулегенова Г. С. Биология трансплантированных опухолей. - Алматы: Наука, 2003. – 216с.
- 4 Ефимов М. Л., Аскарова Г. С. Суточные биологические ритмы и злокачественный рост // Усп. совр. биологии. - 2003. – Т.103, № 2.- С. 255-270.
- 5 Пат. 72931 СССР. Способ переработки сырья / Иванов М. И., Малдыбаев Н. К.; опубл. 30.03.83, Бюл. № 12. – 2с.: ил.
- 6 А.С. 386018 СССР. Способ извлечения металлов. / А. Г. Акатаев, Б. И. Петров; опубл 17.05.81, Бюл. № 15. – 2с.: ил.
- 7 Георгиева Р. С. Изменения в системе свертывания крови у больных злокачественными опухолями // Вопросы экспер. и клин. онкол.: сб.науч. тр. Института онкологии и радиологии. – Алматы, 2004. – С. 214-217.
- 8 Баженов Л. Г., Кулинская Л. Л., Сорочинская И. Н. сезонные изменения показателей свертывания крови у крыс и кроликов. // Тезисы докл. III Всес. Конф. по хронобиол. и хрономед. – Ташкент. 1990.- 320 с.
- 9 Садыков Л. П., Березовская И. В. Сезонные изменения содержания иммуноглобинов в крови клинически здоровых животных. / Институт ветеринарии. - М., 1989. – 210 с.- Деп. В ВИНТИ 13.09.89, № 5853 – В 89.
- 10 Изучение кинетики и химизма процессов: отчет о НИР / ИМиОАНКаз ССР. – Алматы, 1985. – 240 с. – Инв. № 81047478.
- 11 ГОСТ Р 51771 – 2001. Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Входные и выходные параметры и типы соединений. Технические требования. – Введ. 2002-01-01. М.: Госстандарт России: Издательство стандартов, 2001.- IV, 27 с: ил.

Примечание: Точка не ставится после номера источника, затем делается абзацный отступ и печатаются данные источника

Форма отзыва научного руководителя

ОТЗЫВ

на дипломный проект

Студент \_\_\_\_\_

(фамилия, имя, отчество)

Специальность \_\_\_\_\_

(шифр и наименование)

Дипломный проект на тему \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Содержание отзыва

---

---

---



Форма рецензии

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект

Студент \_\_\_\_\_

(фамилия, имя, отчество)

Специальность \_\_\_\_\_

(шифр и наименование)

Дипломный проект на тему \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

Актуальность дипломного проекта и замечания

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---





Форма рецензии

Ф.110.07-06

**РЕЦЕНЗИЯ**  
**на дипломную работу (проект)**

Дипломный проект (работа) на тему: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

выполнен \_\_\_\_\_ и представлен пояснительной запиской

(фамилия, имя, отчество)

объемом \_\_\_\_ с. и графическим материалом на \_\_\_\_ листах.

Дипломный проект (работа) выполнен в соответствии с  
квалификационными требованиями к специальности

\_\_\_\_\_

(050718- Электроэнергетика; 2102 – Электротехнические сети и системы; 2104 –  
Электроснабжение

\_\_\_\_\_

промпредприятий; 2105 - \_\_\_\_\_ )

1 Оценка актуальности темы проекта \_\_\_\_\_

(соответствие развитию науки и техники, запросам  
общественной практики)

2 Теоретический уровень и практическая ценность работы \_\_\_\_\_

( теоретический или практическая ценность работы и конкретно по  
каким пунктам) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3 Полнота решения поставленных задач \_\_\_\_\_

(структура работы, соответствие выполненной работы выданному заданию и существующим методикам расчетов и принятия инженерных решений)

---

---

4 Степень самостоятельности и новизны проектных решений\_\_\_\_\_

(степень использования литературных источников, стандартов, нормативных и технических документов,

---

каких именно, зарубежные издания, наличие собственных публикаций и свидетельств)

Продолжение приложения Ж

5 Умение применять методы научных исследований \_\_\_\_\_

(какие методы

научных исследований были использованы, достоверность полученных результатов, их новизна

и практическая ценность)

6 Метрологическое обеспечение экспериментальных исследований \_\_\_\_\_

(для дипломных работ)

(соответствие современным требованиям, исполнение, класс точности и др.)

7 Степень обоснованности выводов и рекомендаций \_\_\_\_\_

(соответствие содержания проекта сделанным

выводам \_\_\_\_\_

рекомендациям, современным требованиям производства и практики и др.)

8 Техничко-экономическая эффективность проекта (результатов исследований)

(экономический, технический, экологический, социальный и др.)

9 Качество оформления пояснительной записки и чертежей \_\_\_\_\_

(Их соответствие действующим стандартам и

инструкциям)

10 Соответствие отдельных частей проекта друг другу \_\_\_\_\_

(взаимосвязь отдельных разделов и внутреннее

единство)

11. Грамотность и логическая последовательность изложения материала; наличие фактических ошибок \_\_\_\_\_

12 Качество программного обеспечения; степень использования систем автоматического проектирования, интегрированных пакетов программ, баз данных; содержание распечаток и т.д. \_\_\_\_\_

13 Недостатки и замечания \_\_\_\_\_

(не менее 4-5 существенных замечаний относительно принятых инженерных решений, несоблюдению ГОСТ ЕСКД)

Продолжение приложения Ж

---

---

---

На основании вышеизложенного считаю, что дипломная проект (работа) дипломника

---

(фамилия, имя , отчество полностью)

\_\_\_\_\_ всем требованиям к квалификационной работе  
(удовлетворяет или не удовлетворяет)

выполнен (а) с оценкой \_\_\_\_\_

(неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично)

и \_\_\_\_\_ к публичной защите и присуждению

(рекомендуется или не рекомендуется)

квалификации \_\_\_\_\_ по специальности \_\_\_\_\_

(инженера, бакалавра, магистра)

---

(шифр специальности и название)

Рецензент

---

(ученая степень и звание,

(подпись)

(ФИО)

должность и место работы)

Примечание: в рецензии характеристика дипломного проекта раскрывается по пунктам 1-13, но при этом наименования пунктов не пишут.

## Приложение 3

(обязательное)

### Пример оформления нормативных ссылок

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные документы:

СТ РК 1158 - 2002 образование высшее профессиональное. Материально-техническая база организаций образования.

ГОСО 3.001-2000 Государственный общеобязательный стандарт образования Республики Казахстан. Образование высшее профессиональное. Основные положения.

МС ИСО 9000:2005 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.

МС ИСО 9001:2008 Системы менеджмента качества. Требования.

**Приложение**  
(по необходимости)

*Образец заявления*

Декану энергетического факультета  
\_\_\_\_\_ С.С.Исенову

**Заявление**

Прошу утвердить тему № дипломного проекта в следующей редакции

\_\_\_\_\_  
(название темы)

и назначить научным руководителем

\_\_\_\_\_  
(ученая степень, звание, Ф.И.О. руководителя)

Студент группы \_\_\_\_\_ Ф.И.О.  
подпись

## Приложение

(по необходимости)

### Образец оформления содержания дипломной работы

#### СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Название раздела .....	10
1.1 Название подраздела.....	10
1.2***** .....	19
1.3***** .....	20
2 Название раздела .....	30
2.1***** .....	40
2.2***** .....	45
2.2.1**** .....	50
2.2.2**** .....	52
3 Название раздела .....	55
3.1***** .....	55
3.2***** .....	59
4 Охрана труда .....	60
4.1***** .....	60
5 Охрана окружающей среды .....	70
5.1***** .....	70
6 Автоматика .....	80
6.1***** .....	80
7 Экономическая часть .....	85
7.1***** .....	85
Заключение .....	88
Список использованной литературы .....	90
Приложение (я) .....	91



*Образец листа нормоконтроля*

**НОРМОКОНТРОЛЬ**

Дипломного проекта студента (ки) группы \_\_\_\_\_, специальности «\_\_\_\_\_»,  
Энергетического факультета \_\_\_\_\_

(Ф.И.О.)

Тема дипломной работы \_\_\_\_\_

Анализ дипломной работы на соответствие требованиям ГОСО

<b>№</b>	<b>Объект</b>	<b>Параметры</b>	<b>Соответствует + Не соответствует -</b>
1	Название темы	Соответствует утвержденной тематике	
2	Размер шрифта	14 кегель	
3	Название шрифта	Times New Roman	
4	Межстрочный интервал	Одинарный	
5	Абзац	12,5 мм	
6	Поля (мм)	Левое - 30 мм, правое - 10 мм, верхнее - 20 мм, нижнее - 25 мм	
7	Общий объем работы	60-90 страниц печатного текста	
8	Объем введения	3-5 страниц	
9	Объем основной части	50-80 страниц	
10	Объем заключения	3-5 страниц	
11	Нумерация страниц	Сквозная, в нижней части листа, в центре арабскими цифрами	
12	Последовательность структурных частей работы	Обложка, Титульный лист, Задание на дипломную работу, Содержание, Введение, Основная часть (две - три главы), Заключение, Список использованной литературы, Приложение.	
13	Оформление структурных частей работы	Каждая структурная часть начинается с новой страницы. Наименования приводятся с абзацным отступом с прописной буквы. Расстояние между названием и текстом - две строки. Точка в конце наименования не ставится	
14	Структура основной части	2 - 3 главы соразмерные по объему.	
15	Количество и	30 библиографических описаний	

	оформление использованной литературы	документальных и литературных источников	
16	Наличие и оформление приложений	Для технических и естественно--научных специальностей обязательны.	
17	Оформление содержания и ссылок на литературу	Содержание включает в себя заголовки всех, глав, параграфов, приложений с указанием начальных страниц	
18	Оформление таблиц	Располагаются после упоминания в тексте	
19	Оформление рисунков	Располагаются после упоминания в тексте	
20	Ссылки	Количество ссылок в тексте соответствует списку использованной литературы	

Нормоконтроль выполнил: \_\_\_\_\_  
(занимая должность) (подпись) (Ф.И.О.)

С результатами нормоконтроля ознакомлен:

Студент \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.) (подпись)

Замечания устранены: \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.) (подпись контролера)

Дата \_\_\_\_\_

*Протокол предзащиты дипломного проекта*

ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_  
предзащиты дипломного проекта  
от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Присутствовали:

\_\_\_\_\_  
(количество преподавателей)

\_\_\_\_\_  
(количество студентов)

**Повестка дня:**

1. Предзащита дипломного проекта студента (ки) группы \_\_\_\_\_, специальности  
шифр/коды «Наименование»,  
Энергетического факультета \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О. студента)

на тему \_\_\_\_\_

**Слушали:** \_\_\_\_\_

**Вопросы:** 1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

**Выступили:** \_\_\_\_\_

**Постановили:**

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

Председатель:

\_\_\_\_\_  
(должность)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

Секретарь:

\_\_\_\_\_  
(должность)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

Дата \_\_\_\_\_

*Образец направления на рецензию*

**Рецензенту дипломного проекта**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**УВАЖАЕМЫЙ (ая)**

\_\_\_\_\_

Кафедра «Теплоэнергетика» НАО " Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина» направляет Вам на рецензию дипломный проект студента (ки) 4-го курса Энергетического факультета дневного (очного) отделения **по специальности / образовательной программе (Шифр / код и наименование) Ф.И.О.** студента на тему \_\_\_\_\_

После ознакомления с дипломным проектом просим Вас в письменной форме дать рецензию, содержащую следующую информацию:

1. оценка обоснованности актуальности, новизны, и практической значимости выбранной темы исследования
2. оценка методологической базы, соответствия цели и плана дипломного проекта ее содержанию
3. оценка степени решения проблемы и завершенности исследования
4. наличие и оценка самостоятельности выводов и рекомендаций
5. спорные положения, критические замечания и недостатки
6. оценка внешнего и технического оформления, языка и стиля работы
7. характеристика общего уровня дипломного проекта
8. соответствие дипломного проекта предъявляемым требованиям
9. оценка дипломного проекта по балльно-рейтинговой системе и рекомендация по присвоению академической степени бакалавра по специальности 5В071700 «Теплоэнергетика».

Шкала оценки

Оценка	Неудовлетворительно	Удовлетворительно					хорошо			отлично	
		50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85-89	90-94	95-100
Рейтинг	0-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85-89	90-94	95-100
Балл	0	1,0	1,33	1,67	2,0	2,33	2,67	3,0	3,33	3,67	4,0
Буквенный эквивалент	F	D	D+	C-	C	C+	B-	B	B+	A-	A

**ПРИМЕЧАНИЕ**

1. Рецензия предоставляется на кафедру в объеме 1- 2 страницы компьютерного текста. Формат страницы А4, поля страницы - верхнее, нижнее - 2 см, левое - 2,5 см, правое - 1,5 см, шрифт Time New Roman (Time New Roman KZ), кегль 14, одинарный интервал, выравнивание текста - по ширине.

2. Подпись рецензента должна быть заверена в отделе кадров и печатью предприятия по основному месту работы рецензента с указанием даты выдачи рецензии.

3. Оплата рецензии осуществляется на условиях почасовой оплаты согласно действующих тарифов на соответствующий учебный год после предоставления рецензентом в положенные сроки заявления на почасовую оплату по требуемой форме.

4. Для оплаты рецензии просим своевременно предоставить на кафедру:

- Личное заявление, написанное от руки;

- Заявление - бланк прилагается на предпоследней странице памятки (*должно быть заверено печатью факультета*),

- Выполнение - бланк прилагается на последней странице памятки;

- Копию диплома об образовании;

- Копию диплома об ученой степени;

- Копию удостоверения личности;

- 20-значное число карточки оплаты зарплаты.

Декан Энергетического факультета

\_\_\_\_\_

С.С.Исенов

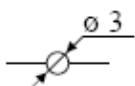
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**  
(по необходимости)

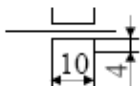
**Условные обозначения технологического оборудования**

<b>Наименование</b>	<b>Обозначение</b>	<b>Наименование</b>	<b>Обозначение</b>
Цилиндр турбины однопоточный		Цилиндр турбины двухпоточной	
Воздухо-подогреватель трубчатый		Воздухо-подогреватель регенеративный	
Конденсатор поверхностный двухпоточный		Деаэратор	
Теплообменник поверхностный		Турбонасос	
Бункер кускового топлива		Бункер пылевидного топлива	
Питатель ленточный, скребковый, пластинчатый		Питатель дисковый	
Поверхности нагрева		Экономайзер	
Ширмовый пароперегреватель		Циклон	
Мельница молотковая с аксиальным подводом воздуха		Сепаратор механический	
Мельница шаровая барабанная		Впрыскивающий пароохладитель	
Вентилятор (дымосос)		Горелка угловая, щелевая	

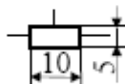
Смеситель или коллектор



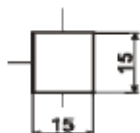
Подшипник



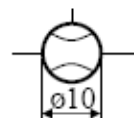
Растопочный сепаратор



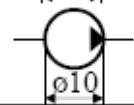
Теплообменник смешивающий



Эжектор



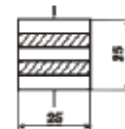
Насос



Уплотнения вала турбины



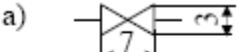

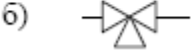

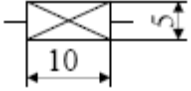
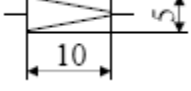

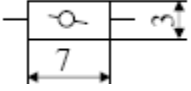
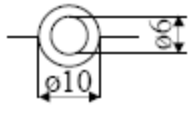
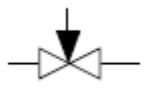
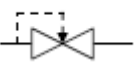
Фильтр двухкамерный



### Условные обозначения соединений и пересечений трубопроводов, подвода и выпуска технологических сред

Наименование	Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение
Соединение трубопроводов		Пересечение трубопроводов	
Подвод жидкости под давлением		Слив жидкости	
Подвод газа, пара, воздуха		Выпуск газа, пара, воздуха под давлением	

## Условные обозначения запорной арматуры

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Вентиль, клапан запорный		Клапан обратный	
а) проходной	а) 	а) проходной	а) 
б) трехходовой	б) 	б) угловой	б) 
Клапан дроссельный		Редукционно-охладительная установка	
Задвижка		Затвор поворотный	
Клапан стопорный		Клапан обратный защитного устройства ПВД	
Клапан регулирующий «до себя»		Клапан регулирующий «после себя»	