

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Амурский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой энергетики  
\_\_\_\_\_ Ю.В. Мясоедов  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

**Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ

для специальности

140101.65 – «Тепловые электрические станции»

Составитель: А.Н. Кудряшов, А.Н. Козлов

Благовещенск  
2012 г.

## **АННОТАЦИЯ**

В рамках направления 650800 «Теплоэнергетика» на кафедре Энергетики реализуется подготовка дипломированного специалиста по специальности 140101.65 - "Тепловые электрические станции".

## Содержание

Аннотация	2
Рабочая программа	3
1. Учебная программа	13
2. Содержание дисциплины	13
3. Практические занятия	20
4. Вопросы к экзамену	20

## **Рабочая программа**

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цель дисциплины – приобретение студентами знаний по Тепломеханическому и вспомогательному оборудованию электростанций, дающее всестороннее представление о его конструкции, расчете и выборе.

Основные задачи дисциплины – дать студентам основы теории, расчета и конструирования теплообменников, деаэраторов, испарителей, тягодутьевых механизмов;

создать фундамент для усвоения профилирующих дисциплин специальности; развить навыки и умения творческого использования знаний при решении конкретных задач в области теплоэнергетики.

Базовыми для данной дисциплины являются курсы «Физика», «Математика», «Теоретические основы теплотехники».

### **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО:**

Дисциплина «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций» является для специальности 140101.65 специальной дисциплиной и предусмотрена Государственным образовательным стандартом в разделе СД под шифром СД.Ф.4.

Знания, полученные при изучении данного курса необходимых для решения практических задач по проектированию, эксплуатации и ремонту тепломеханического оборудования ТЭС, используются при выполнении расчетных и лабораторных работ, а также при выполнении дипломных проектов и работ.

#### **2.1 Содержание дисциплины СД.Ф.4 «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций» согласно ГОС ВПО**

Классификация вспомогательного оборудования; регенеративные подогреватели – типы, конструкции, основы их теплового и гидравлического расчета; сетевые подогреватели; водогрейные котлы; типы деаэраторов расчет теплообмена в деаэраторах; типы и конструкции испарителей; водный режим испарителей; тепло-гидравлический расчет испарителей; расчет теплообменников на прочность; категории трубопроводов; расчет трубопроводов на прочность; тепловая изоляция; типы насосов; характеристики насосов; режимы работы насосов; тягодутьевые механизмы, их аэродинамические характеристики, режимы работы; типы золоуловителей, их конструкция.

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины студенты должны **знать**:

- принцип работы тепломеханического оборудования;
- устойчивость и конструкцию тепломеханического оборудования;
- тепловой расчет ПНД, ПВД деаэратора;
- расчет на прочность теплообменников;
- категории трубопроводов, материал, сортамент, методы подбора и расчет на прочность;
- основные характеристики насосов, их графическое отображение;
  - основные требования оптимального выбора тепломеханического оборудования.

**Уметь:**

- применять уравнения и справочную литературу для определения механических и термодинамических свойств проектируемой аппаратуры;
- анализировать влияние изменения характеристик топлива и термодинамических параметров рабочего тела на энергетическую эффективность вспомогательных установок.

**Владеть навыками:**

- проведения расчетов по типовым методикам и проектирования отдельных деталей и узлов с использованием стандартных средств автоматизации проектирования;
- организации рабочих мест, их технического оснащения, размещения технологического оборудования в соответствии с технологией производства;
- соблюдения норм техники безопасности и производственной санитарии, пожарной безопасности и охраны труда;
- проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений по стандартным методикам.

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ»

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы				Формы текущего контроля
		Лекции (час.)	Практич. занят. (час.)	Лаборатор. работы (час.)	СРС (час.)	
<i>Семестр 7</i>						
1	<i>Раздел 1 «Подогреватели»</i>	24			18	Посещение лекций.

	1.1 Классификация вспомогательного оборудования 1.2 Регенеративные подогреватели 1.3 Сетевые подогреватели; водогрейные котлы					Отчеты по рефератам
2	<b>Раздел 2 «Деаэраторы»</b> 2.1 Типы деаэраторов 2.2 Расчет тепломассообмена в деаэраторах	8			20	Посещение лекций. Отчеты по рефератам
<i>Семестр 8</i>						
3	<b>Раздел 3 «Испарители»</b> 3.1 Типы и конструкции испарителей 3.2 Расчет теплообменников	10	5		12	Отчеты по выполнению практических работ.
4	<b>Раздел 4 «Трубопроводы»</b> 4.1 Категории трубопроводов 4.2 Расчет трубопроводов на прочность	10	4		12	Отчеты по выполнению практических работ.
5	<b>Раздел 5 «Насосы и тягодутьевые механизмы»</b> 5.1 Типы насосов, характеристики насосов 5.2 Тягодутьевые механизмы 5.3 Золоуловители	10	6		13	Отчеты по выполнению практических работ.

## 5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 ЛЕКЦИИ

#### Семестр 7

#### *Раздел 1 «Подогреватели»*

**Тема 1. Классификация вспомогательного оборудования.** Классификация вспомогательного оборудования ТЭС и АЭС по назначению и принципу действия. Его значение для обеспечения надежности и экономичности эксплуатации.

**Тема 2. Регенеративные подогреватели.** Типы регенеративных подогревателей. Конструкции поверхностных ПНД и их трубные системы.

Подогреватели высокого давления. Греющие секции со спиральными трубками и их гидравлические схемы. Отсеки конденсации и охлаждения пара и дренажа. Устройства отвода дренажа и отсоса воздуха. Защита ПВД. Арматура и КИП. Основы теплового расчета регенеративных подогревателей, температурные графики и теплообмен. Выбор скоростей воды и пара. Расчет гидравлического сопротивления. Смешивающие ПНД и их конструктивные типы. Меры против заброса воды в турбину.

**Тема 3. Сетевые подогреватели; водогрейные котлы.** Классификация топков для сжигания топлив. Сжигание твердого топлива в слое. Особенности сжигания твердого топлива в пылевидном состоянии. Конструкция топочных газомазутных камер. Организация сжигания природного газа.

### *Раздел 2 «Деаэраторы»*

**Тема 4. Типы деаэраторов.** Классификация деаэраторов по способу подвода греющего пара. Дробление потока воды и по рабочему давлению. Конструкции двухступенчатых струйно-барботажных деаэраторов.

**Тема 5. Расчет тепломассообмена в деаэраторах.** Роль парового барботажа в удалении углекислоты из раствора. Изменение условий работы деаэраторов при кислородном водном режиме на установках сверхкритических параметров. Основные принципы расчета тепломассообмена в деаэраторах.

### *Семестр 8*

#### *Раздел 3 «Испарители»*

**Тема 6. Типы и конструкции испарителей.** Типы и конструкции испарителей и паропреобразователей. Устройства, обеспечивающие получение качественного дистиллята. Водный режим испарителей и продувки. Новые типы испарителей. Основы теплогидравлического расчета испарителей.

**Тема 7. Расчет теплообменников.** Расчет стационарных теплообменников на прочность. Принцип расчета по предельным нагрузкам. Формулировка условий статической прочности. Расчет толщины стенок корпусов и днищ. Учет ослабления стенок отверстиями и укрепление их. Расчет трубных досок и анкерных связей.

#### *Раздел 4 «Трубопроводы»*

**Тема 8. Категории трубопроводов.** Категории и сортамент трубопроводов ТЭС и АЭС. Сортамент и номенклатура труб. Группы стационарных трубопроводов. Выбор металла. Технология сварки и термообработки.

**Тема 9. Расчет трубопроводов на прочность.** Контроль металла. Усталостные явления. Нормы расчета на прочность с учетом основных нагружающих факторов. Напряжения от самокомпенсации температурных удлинений. Реперы перемещений. Классификация трубопроводной арматуры по назначению и конструктивному оформлению. РОУ и БРОУ. Конструктивное оформление и расчет РОУ и БРОУ. Дренаживание трубопроводов. Тепловая изоляция.

## **Раздел 5 «Насосы и тягодутьевые механизмы»**

**Тема 10. Типы насосов, характеристики насосов.** Классификация насосов, применяемых на ТЭС и АЭС. Выбор типа насосов и их характеристика. Кавитация в насосах. Режимы работы насосов на сеть. Потребляемая мощность. Выбор типа привода питательных насосов. Конструкции питательных насосов и приводных турбин. Конструкции конденсаторных, бустерных, сетевых циркуляционных насосов.

**Тема 11. Тягодутьевые механизмы.** Требования к тягодутьевым машинам. Типы, конструкции и маркировка. Аэродинамические характеристики и схемы. Выбор тягодутьевых машин, мощность привода и КПД. Режимы работы и регулирование машин.

**Тема 12. Золоуловители.** Типы золоуловителей, их конструкция. Основы золоулавливания. Типы и конструкции механических золоуловителей.

## **5.2 ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ**

### **Семестр 8**

На практических занятиях закрепляются теоретические знания студентов, полученные на лекциях.

В рамках часов отведенных эти занятия, могут быть выполнены следующие практические работы:

1. Расчет ПВД и эффективность подогрева конденсата в нем.
2. Расчет охладителя пара.
3. Расчет устройства очистки пара испарителя.
4. Расчет мощности двигателя дутьевого вентилятора.
5. Расчет трубопровода на прочность.
6. Оценка эффективности наддува в котлоагрегате.
7. Аэродинамический расчет дымовой трубы.

## **6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ**

Самостоятельная работа предусматривает подготовку студентов к лекционным и практическим занятиям.

№ п/п	№ раздела (темы) дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в часах
<i>Семестр 7</i>			
1	<b>Раздел 1 «Подогреватели»</b>	Подготовка и защита рефератов.	18
2	<b>Раздел 2 «Деаэраторы»</b>	Подготовка и защита рефератов.	20
<i>Семестр 8</i>			
3	<b>Раздел 3</b>	Подготовка отчетов по	12

	<i>«Испарители»</i>	выполнению практических работ.	
4	<i>Раздел 4 «Трубопроводы»</i>	Подготовка отчетов по выполнению практических работ.	12
5	<i>Раздел 5 «Насосы и тягодутьевые механизмы»</i>	Подготовка отчетов по выполнению практических работ.	13

## **7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Наилучшей гарантией глубокого и прочного усвоения дисциплины «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций» является заинтересованность студентов в приобретении знаний. Поэтому для поддержания интереса студентов к материалу дисциплины необходимо использовать различные образовательные технологии и задействовать все атрибуты процесса научного познания.

При преподавании дисциплины «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций» используется технология блочного обучения.

При чтении лекций по данной дисциплине используется такой неимитационный метод активного обучения, как «Проблемная лекция». Перед изучением раздела обозначается проблема, на решение которой будет направлен весь последующий материал раздела.

При выполнении практических работ используется прием интерактивного обучения «Кейс-метод»: задание студентам для подготовки к выполнению практической работы имитирует реальное событие; с преподавателем обсуждаются цели работы и ход ее выполнения; при защите работы - обсуждение и анализ полученных результатов; обсуждение теоретических положений, справедливость которых была установлена в процессе выполнения работы.

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

В процессе изучения дисциплины «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций» предусмотрены следующие виды промежуточного контроля знаний студентов:

Входной контроль по дисциплине – тестирование.

К промежуточным формам контроля знаний относятся блиц-опрос на лекциях, тестирование и проверочные работы, защита лабораторных работ.

### **8.1. Задания для подготовки рефератов:**

1. Расчет стационарных теплообменников на прочность.
2. Назначение ПВД, ПНД их гидравлические схемы.
3. Схемы включения ПСВ и ВК.
4. Назначение деаэраторов ДСВ, ДП принцип их работы.
5. Регулирование производительности насосов.

## **8.2 Вопросы к экзамену.**

### *Седьмой семестр*

1. Классификация вспомогательного оборудования по назначению, принципу действия.
2. Типы регенеративных подогревателей, их конструкции.
3. Схема движения сред в ПВД отсеки конденсации, охлаждения пара дренажа.
4. Защита ПВД, устройство принцип работы, применяемая арматура.
5. Основы теплового и гидравлического расчета регенеративных подогревателей.
6. Температурный график ПВД.
7. Конструкция, устройство ПНД. Меры защиты турбины от заброса воды в нее.
8. Сетевые подогреватели их типы, обозначение, устройство.
9. Водогрейные котлы, типы, устройство, принцип работы.
10. Назначение водогрейных котлов, основные принципы их подбора.
11. Типы деаэраторов, их назначение, расчет теплообмена в деаэраторах.
12. Конструкции струйно-барботажных деаэраторов, основные требования к ним.

### *Восьмой семестр*

1. Испарители, паропреобразователи: типы, конструкции, назначение, принцип работы.
2. Водный режим испарителей.
3. Тепло-гидравлический расчет испарителей
4. Основные принципы расчета стационарных теплообменников на прочность.
5. Категории трубопроводов. Определения – рабочего, условного давления, требования по выбору металла труб. Расчет трубопроводов на прочность.
6. Технология сварки, термообработки труб.
7. Контроль металла его назначение и вклады.
8. Напряжения от самокомпенсации температурных удлинений. Реперы перемещений их устройство, назначение.
9. Классификация трубопроводной арматуры по назначению и конструкции.
10. Устройство РОУ, БРОУ назначение. Принцип работы.
11. Дренажи и тепловая изоляция трубопровода. Устройство, назначение.
12. Типы насосов. Характеристики насосов по назначению и принципу действия.
13. Конструктивные типы лопастных насосов. Состав насосного агрегата и его основные параметры. Потребляемая мощность.

14. Стабильные и нестабильные напорные характеристики, помпаж. Защита от кавитации.
15. Режимы работы насосов. Способы регулирования производительности.
16. Совместная работа насосов при параллельном и последовательном включении.
17. Выбор типа провода питательных насосов. Конструкции питательных насосов и приводных турбин.
18. Редукторы и гидромолоты. Приводные турбины. конструкции конденсатных, бустерных, сетевых и циркуляционных насосов.
19. Тягодутьевые механизмы. Требования. Типы, конструкции и маркировка. Аэродинамические характеристики.
20. Режимы работы тягодутьевых машин, их выбор, мощность привода и КПД.
21. Способы регулирования производительности и кривые сброса мощности.
22. Параллельная работа. Акустические характеристики. Конструкции дутьевых вентиляторов одностороннего и двустороннего всасывания.
23. Конструкции дымоходов центробежного и осевого типов и их характеристики. Дымоходы газовой циркуляции.
24. Основы золоудаления. Степень улавливания.
25. Типы золоуловителей. Конструкции: механических, мокрых и электрофильтров. Устройство батарейного циклона.
26. Мокрый золоуловитель – скруббер и ограничения применимости. Устройство электрофильтра.
27. Коронирующие и осадительные электроды. Способы повышения эффективности. Питание и расход электроэнергии.
28. Классификация вспомогательного оборудования.
29. Регенеративные подогреватели – типы, конструкции, основы их теплового и гидравлического расчета.
30. Сетевые подогреватели.
31. Водогрейные котлы.
32. Типы деаэраторов расчет теплообмена в деаэраторах.
33. Типы и конструкции испарителей.
34. Водный режим испарителей.
35. Тепло-гидравлический расчет испарителей.
36. Расчет теплообменников на прочность.
37. Категории трубопроводов.
38. Расчет трубопроводов на прочность.
39. Тепловая изоляция.
40. Типы насосов. Характеристики насосов.
41. Режимы работы насосов.
42. Тягодутьевые механизмы, их аэродинамические характеристики, режимы работы.
43. Типы золоуловителей, их конструкция.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ»**

### **а) основная литература:**

1. Стерман, Л. С. Тепловые и атомные электрические станции [Текст] : учеб. / Л. С. Стерман, В. М. Лавыгин, С. Г. Тишин. - 5-е изд., стер. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2010. - 464 с.

2 Соколов, Ефим Яковлевич. Теплофикация и тепловые сети [Текст] : учеб. : рек. Мин. обр. РФ / Е. Я. Соколов. - 9-е изд., стер. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2009. - 472 с.

3. Водно-химические режимы ТЭС и АЭС [Текст] : учеб. пособие : доп. УМО / В. Н. Воронов, Т. И. Петрова. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2009. - 240 с.

### **б) дополнительная литература:**

1. Назмеев, Юрий Гаязович. Теплообменные аппараты ТЭС [Текст] : учеб. пособие: рек. Мин. обр. РФ / Ю. Г. Назмеев, В. М. Лавыгин. - 3-е изд., стер. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2005. - 260 с.

2. Безопасность тепломеханического оборудования и тепловых сетей в вопросах и ответах для подготовки к проверке знаний теплотехнического персонала [Текст] : учеб.-метод. материалы / сост. Ю. Н. Балаков. - М. : Энергосервис, 2007. - 879 с.

3. Сварка и диагностика металла оборудования ТЭС [Текст] : программа, метод. указ. и контр. работы для студ. заочного фак. - Владивосток : Изд-во Дальневост. гос. техн. ун-та, 2000. - 27 с.

4. Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций [Текст] : учеб.-метод. комплекс для спец. 140101 - Тепловые электрические станции / АмГУ, Эн.ф. ; сост. О. Е. Литвиненко. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2007. - 15 с.

### **в) периодические издания:**

1. «Электричество».
2. «Электрические станции».
3. «Энергетик».
4. «Промышленная энергетика».
5. «Электротехника».
6. «Электрика».
7. «Энергохозяйство за рубежом».
8. «Electrical Power and Energy Systems».
9. «IEEE Transactions. Power systems».
10. «Energy Policy».
11. «Вестник ИГЭУ».
12. «Вестник Московского энергетического института».
13. «Известия вузов. Электромеханика».

14. «Известия РАН. Энергетика».
15. «Новости электротехники»
16. «Амурский дилижанс».
17. «Вестник Амурского государственного университета».
18. «Энергетика. Сводный том».
19. «Электротехника. Сводный том»
20. «Теплоэнергетика»
21. «Энергосбережение»

г) **программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	<a href="http://www.iqlib.ru/">http://www.iqlib.ru/</a>	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знаний.

**10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ»**

№ п/п	Наименование лабораторий, ауд.	Основное оборудование
1	2	3
1	105 (6) Лаборатория Гидрогазодинамики	Лабораторный комплекс для изучения тепловых процессов и процессов в газах
2	205(6) Лаборатория теплотехники	Лабораторный комплекс для изучения теплотехнического оборудования
3	107а (6) Пристройка к высоковольтной лаборатории	Учебная установка – паровая турбина и вспомогательное оборудование

## 1. Учебная программа

Государственный образовательный стандарт предусматривает изучение курса «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций» для специальности 140101.65 «Тепловые электрические станции».

### *Цель преподавания дисциплины*

Целью дисциплины является приобретение студентами знаний по тепломеханическому и вспомогательному оборудованию ТЭС, дающее всестороннее представление о конструкции, расчете и выборе его.

### *Задачи изучения дисциплины*

В результате изучения дисциплины в соответствии с квалификационной характеристикой выпускников студенты должны знать:

- Принцип работы тепломеханического оборудования;
- Устойчивость и конструкцию тепломеханического оборудования;
- Тепловой расчет ПНД, ПВД деаэратора;
- Расчет на прочность теплообменников;
- Категории трубопроводов, материал, сортамент. Методы подбора и расчет на прочность.
- Основные характеристики насосов, их графическое отображение;
- Знать основные требования по оптимальному выбору тепломеханического оборудования

*Перечень дисциплин, освоение которых необходимо при изучении данной дисциплины:*

- Высшая математика: решение систем алгебраических уравнений математическая статистика.
- Физика: электричество, магнетизм.
- Термодинамика: теплообмен, теплопередача, теплопроводность, термодинамические циклы.
- Теоретическая механика: усилия деформации, напряжения.
- Электротехника: автоматическое регулирование тепловых процессов, управление электроприводов.

## 2. Содержание дисциплины

Федеральный компонент.

СД.04: классификация вспомогательного оборудования, регенеративные подогреватели – типы, конструкции, основы их теплового и гидравлического расчета; сетевые подогреватели; водогрейные котлы, типы деаэраторов расчет теплообмена в них; типы испарителей; теплогидравлический расчет испарителей; расчет тепломаслообменников на

прочность; категории трубопроводов; расчет трубопроводов на прочность; тепловая изоляция; типы насосов их характеристики и режимы работы; тягодутьевые механизмы их аэродинамические характеристики, режимы работы, типы золоуловителей их конструкции.

2.2 Наименование тем, их содержание и объем в часах

Принцип построения курса.

Курс состоит из лекционной части и практических работ. На практических работах закрепляются знания, полученные на лекциях, при самостоятельной работе с литературой и при прохождении производственной практики.

## **Лекционный курс 62 час.**

### **Краткий конспект лекций**

#### **Регенеративные подогреватели, [1]**

Типы регенеративных подогревателей, конструктивные схемы подогревателей низкого давления поверхностного типа, конструктивные схемы подогревателей низкого давления смешивающего типа, подогреватели высокого давления, тепловой расчет регенеративных подогревателей.

Подогрев питательной воды и конденсата паром, отбираемым из отборов турбины, осуществляется в регенеративных подогревателях. Эффективность регенеративного подогрева зависит от правильного выбора параметров пара регенеративных отборов, числа регенеративных подогревателей, их схемы включения и типа. По месту в тепловой схеме турбоустановки различают регенеративные подогреватели высокого и низкого давления (ПВД и ПНД). ПВД располагаются между котельным агрегатом и питательным насосом, используют теплоту пара, отбираемого из части высокого и среднего давления турбины. Давление питательной воды в них определяется напором, развиваемым питательным насосом. ПНД располагаются между конденсатором турбины и питательным насосом. Движение воды в них происходит под давлением конденсатного насоса.

По принципу организации использования теплоты регенеративные подогреватели делятся на поверхностные и смешивающие (контактные).

Заводы – изготовители в соответствии с требованиями ОСТ 108.271.17 – 76 используют для маркировки регенеративных подогревателей буквенные и цифровые обозначения: ПН – 400 – 26 – 7 – IA, где первые буквы обозначают место подогревателя и его тип (низкого давления), первое число – поверхность теплообмена, м<sup>2</sup>, второе и третье число – давление нагреваемой среды и греющего пара соответственно, последняя, римская цифра указывает модификацию, буква А – применимость для атомных электростанций.

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Каково назначение регенеративных подогревателей?
2. Каков принцип действия регенеративных подогревателей?

3. Классификация и маркировка регенеративных подогревателей?
4. Каковы конструктивные схемы поверхностных подогревателей низкого давления?
5. Каковы конструктивные схемы смешивающих подогревателей низкого давления?
6. Каковы конструктивные схемы подогревателей высокого давления?
7. Какие уравнения лежат в основе теплового расчета?

### **Сетевые подогреватели и водогрейные котлы, [1]**

Конструкции сетевых подогревателей, назначение, типы; водогрейные котлы.

Сетевые подогреватели служат для подогрева паром из отборов турбин сетевой воды, используемой для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения тепловых потребителей.

Сетевая установка ГРЭС обычно состоит из двух подогревателей – основного и пикового. Основной подогреватель питается паром с давлением 0,05 – 0,15 МПа, пиковый – 0,4 – 0,6 МПа. Основной подогреватель используется в течение всего отопительного периода, а пиковый – только в наиболее холодные дни.

В зависимости от температурного графика теплосети подогрев воды в сетевых подогревателях осуществляется от 40 - 70<sup>0</sup>С до 70 - 120<sup>0</sup>С и для этого используется пар отборов с давлением в большинстве режимов ниже атмосферного.

По конструкции различаются сетевые подогреватели вертикального и горизонтального типов.

Водогрейные котлы, как и пиковые сетевые подогреватели, используются на ТЭЦ в качестве пиковых источников теплоты при тепловых нагрузках, превышающих обеспечиваемую отборами турбин.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Назначение сетевых подогревателей?
2. Каковы конструкции и маркировка горизонтальных СП?
3. Каковы конструкции и маркировка вертикальных СП?
4. Какие типы конструкций имеют водогрейные котлы?
5. Принципы включения СП и водогрейных котлов в тепловую схему ТЭЦ?

### **Деаэраторы, [1]**

Термические деаэраторы воды выполняют на ТЭС несколько функций, основной является удаление из воды растворенных агрессивных газов (кислорода и углекислоты). Деаэраторы служат также для регенеративного подогрева основного конденсата и являются местом сбора и хранения запаса питательной воды.

В зависимости от рабочего давления термические деаэраторы согласно ГОСТ 16860 – 77 делятся на вакуумные (тип ДВ, рабочее давление 0.0075 – 0.05 МПа, температура насыщения 40 - 80<sup>0</sup>С), атмосферные(тип ДА, рабочее давление 0,12 МПа, температура насыщения 104<sup>0</sup>С) и повышенного давления

(тип ДП, рабочее давление 0,6 – 0,7 МПа, температура насыщения 158 - 167°С).

В вакуумных деаэраторах давление ниже атмосферного и для отсоса выделяющихся из воды газов требуется эжектор.

Атмосферные деаэраторы работают с небольшим избытком внутреннего давления над атмосферным, необходимым для самотечной эвакуации выделяющихся газов в атмосферу. Преимуществом атмосферных деаэраторов является минимальная толщина стенки корпуса (экономия металла).

Деаэраторы повышенного давления применяются для обработки питательной воды энергетических котлов с начальным давлением пара 10 МПа и выше.

По способу создания поверхности контакта фаз деаэраторы подразделяются на струйные, пленочные, барботажные.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Назначение деаэратора?
2. Как работает струйная деаэрационная колонка?
3. Как работает пленочная деаэрационная колонка?
4. Как работает барботажная деаэрационная колонка?

### **Испарительные установки, [1]**

Типы испарителей, их конструкции, схема включения испарителей.

На ТЭС в основном применяются испарители поверхностного типа, в которых пар генерируется из химически обработанной воды. Этот пар отпускается внешним потребителям (при этом конденсат греющего пара, отбираемый из турбины, сохраняется в цикле электростанции, а испаритель выполняет функцию парпреобразователя), либо конденсируется в конденсаторе испарителя и в виде дистиллята вводится в цикл, восполняя потери рабочего тела.

Все испарители выполняются по единой конструктивной схеме и маркируются буквой И с указанием поверхности теплообмена, например И – 250. Основными узлами испарителя являются корпус, греющая секция, паропромывочные устройства, водораспределительные устройства, жалюзийный сепаратор.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Назначение испарителей и их типы?
2. Конструкция испарителя поверхностного типа?
3. Как работает испаритель поверхностного типа?
4. Нарисуйте тепловые схемы включения испарительных установок в тепловые схемы ТЭЦ.

### **Расчет теплообменников на прочность, [1]**

Различают конструкторский и поверочный расчеты на прочность. Задача первого – определение конструктивных размеров, обеспечивающих надежную по прочности работу теплообменного аппарата. Задача второго

– проверка прочности существующего изделия путем определения величин действующих в нем в рабочем состоянии напряжений и сопоставления их с характеристиками статической прочности материала. Расчеты стационарных теплообменников на прочность должны производиться в соответствии с требованиями отраслевого стандарта ОСТ 108.031.02 – 75.

Расчет на прочность может выполняться по предельным напряжениям или по предельным нагрузкам. При расчетах по предельным напряжениям считается, что пределом несущей способности конструкции является достижение максимальным напряжением в любом ее месте предела текучести. При расчете по предельным нагрузкам за опасную нагрузку принимается такая, которая вызывает общую пластическую деформацию всей конструкции.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какой метод положен в основу расчета на прочность?
2. Какие расчетные параметры лежат в основе расчета на прочность?
3. Типы днищ и их применение?
4. Расчет трубных досок.

### **Трубопроводы электростанций, [1]**

Трубопроводы подразделяются на четыре категории в порядке убывающих параметров. Трубопроводы перегретого пара первой категории изготавливаются из бесшовных высококачественных стальных труб по особым техническим условиям. Трубопроводы остальных категорий можно изготавливать из стандартных бесшовных и сварных труб. При выборе трубопроводов пользуются понятиями рабочего, условного и пробного давлений.

Рабочее давление – наивысшее давление, при котором допускается работа трубопровода и его деталей при рабочей температуре среды.

Понятие условного давления в основном связано с арматурой и с фасонными элементами трубопроводов (фланцы, тройники, корпуса арматуры и др.), при конструировании которых целесообразно максимально унифицировать детали, чтобы они могли быть использованы для различных изделий и для различных условий работы. Условное давление характеризует ступени прочности различных видов трубопроводных изделий и служит основой для их стандартизации, для выбора материала и конструкций изделий в зависимости от параметров среды.

Пробным давлением называется давление, при котором производится гидравлическое испытание арматуры на прочность на заводе – изготовителе.

Трубопроводы ТЭС и их детали воспринимают избыточное внутреннее давление. К напряжениям, вызванным давлением, добавляются термические напряжения от разности температур по толщине стенки и по

окружности трубы, от самокомпенсации температурных удлинений трубопровода, от весовой нагрузки и др.

Расчет трубопроводов на прочность производится в соответствии с ОСТ 108.031.02 – 75. Прочность трубопровода, как и корпусов теплообменников, оценивается по несущей способности (по предельной нагрузке). Метод расчета по предельным нагрузкам допустим для пластичных материалов, к которым относятся и трубопроводные стали, и позволяет уменьшить металлоемкость трубопроводов.

Трубопроводные трассы могут иметь сложную конфигурацию, закрепляются на каркасе и металлоконструкциях главного здания с помощью опор и подвесок различного типа, назначение которых – воспринимать весовую нагрузку трубопровода и одновременно обеспечивать свободу его температурных деформаций при прогреве и при остывании.

В зависимости от назначения опоры подразделяются на четыре конструктивных типа: неподвижные, направляющие (скользящие, роликовые или шариковые), жесткие подвески и пружинные подвески и опоры.

Энергетическая трубопроводная арматура по назначению подразделяется на запорную, регулирующую, предохранительную и контрольную.

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Чем определяется категория трубопроводов?
2. Что такое рабочее, условное и пробное давления?
3. Назначение, виды и конструкции опор и подвесок трубопроводов.
4. Виды энергетической арматуры по назначению.
5. Конструкции запорной арматуры.
6. Конструкции регулирующей арматуры.
7. Конструкции предохранительной арматуры.

#### **Насосы тепловых электростанций, [1]**

Насосы предназначены для перемещения жидкостей и сообщения им энергии. В трубопроводах ТЭС перемещаются жидкости при различных давлениях и температурах: вода, масло, мазут, пульпа, реагенты.

По назначению насосы ТЭС подразделяются на две группы: насосы основного технологического назначения и вспомогательные.

По принципу действия насосы можно разделить на две группы: объемные и динамические. Насосы объемного типа подразделяются на две группы: возвратно – поступательного действия и ротационные.

При дальнейшей детализации в первую группу входят поршневые и плунжерные насосы, а во вторую – шестеренчатые (зубчатые), винтовые и пластинчатые.

В насосах динамического действия приращение энергии жидкости происходит в результате взаимодействия потока жидкости с вращающимся рабочим органом. Принято подразделять эти насосы на две группы: лопастные и вихревые. В лопастных насосах жидкость получает приращение энергии за счет взаимодействия с вращающимся

лопастями рабочего колеса. В энергетике преобладающее распространение получили лопастные насосы, которые по направлению потока в рабочем колесе подразделяются на центробежные и осевые. Особую группу составляют струйные насосы (эжекторы, инжекторы, гидроэлеваторы).

### **Вопросы для самопроверки**

1. Принцип действия объемных и динамических насосов.
2. Что такое характеристика насоса, виды и типы характеристик.
3. Конструкции питательных насосов.
4. Конструкции конденсатных насосов
5. Конструкции циркуляционных насосов.

### **Газовоздушные тракты, тягодутьевые машины, [1]**

Газовоздушный тракт является важной составной частью тепловой электростанции, сооружение которого связано с большими трудностями и большим расходом материалов.

Движение воздуха и дымовых газов на ТЭС осуществляется с помощью тягодутьевых машин.

К тягодутьевым машинам ТЭС предъявляется ряд требований, из которых важнейшими являются высокая экономичность на номинальном режиме и частичных нагрузках, высокая надежность работы, умеренные габариты при достаточно высокой быстроходности, умеренный шум.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Параметры и характеристики тягодутьевых машин.
2. Расчетные характеристики трактов и выбор тягодутьевых машин.

### **Золоуловители, [1]**

В связи с широким использованием твердых топлив и повышением требований к охране окружающей среды на ТЭС все большее значение приобретают вопросы золоулавливания.

Очистка дымовых газов способствует не только снижению выбросов золы в атмосферу, но и повышению надежности эксплуатации рабочих колес дымососов, особенно осевых.

Применяют следующие виды золоуловителей:

- механические (циклоны, скруббера);
- электрофильтры;

### **Вопросы для самопроверки**

1. Что такое степень улавливания золы и ПДК?
2. Что такое проскок и его взаимосвязь с параметром золоулавливания?
3. Что такое батарейный циклон и его конструкции?
4. Принцип действия и конструкция скруббера?
5. Принцип действия и конструкция электрофильтра?

### **Внешние газоходы и дымовые трубы, [1]**

Внешние газоходы и дымовые трубы являются замыкающими элементами газовоздушного тракта и дымовые газы удаляются при

сравнительно низких температурах ( при 130 - 160°С при сухих золоуловителях и при 80 - 110°С при мокрых золоуловителях .

Назначением дымовой трубы является рассеивание содержащихся в дымовых газах токсичных веществ, с тем чтобы их концентрация на уровне дыхания не превышала ПДК.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Назначение газоходов?
2. Назначение дымовых труб?
3. Что такое ПДК и их значения для вредных веществ?
4. Конструкции дымовых труб?
5. Как определяется необходимое количество и тип дымовых труб.

### **3. Практические занятия. Примеры задач.**

Расчет ПВД и эффективность подогрева конденсата в нем

Расчет охладителя пара

Расчет устройства очистки пара испарителя

Расчет мощности двигателя дутьевого вентилятора

Расчет трубопровода на прочность

Оценка эффективности наддува в котлоагрегате.

Аэродинамический расчет дымовой трубы

### **3. Самостоятельная работа студентов**

Расчет стационарных теплообменников на прочность

#### **3.2 Перечень и темы промежуточных форм контроля знаний.**

К промежуточным формам контроля знаний относятся:

3.2.1 Блиц - опросы на лекциях консультациях по пройденному материалу.

3.2.3 Тестирование.

### **4. Вопросы к экзамену**

1. Классификация вспомогательного оборудования по назначению, принципу действия.
2. Типы регенеративных подогревателей их конструкции.
3. Схема движения сред в ПВД отсеки конденсации, охлаждения пара дренажа.
4. Защита ПВД, устройство принцип работы, применяемая арматура.
5. Основы теплового расчета регенеративных подогревателей. Температурный график ПВД.
6. Конструкция, устройство ПВД. Меры защиты турбины от заброса воды в нее.
7. Сетевые подогреватели их типы, обозначение, устройство.
8. Водогрейные котлы, типы, устройство, принцип работы.
9. Назначение водогрейных котлов, основные принципы их подбора.
10. Типы деаэраторов их назначение.

11. Конструкции струйно-барботажных деаэраторов, основные требования к ним.
12. Испарители, паропреобразователи устройство, назначение, принцип работы.
13. Основные принципы расчета стационарных теплообменников на прочность.
14. Категории трубопроводов. Определения – рабочего, условного давления требования по выбору металла труб.
15. Технология сварки, термообработки труб.
16. Контроль металла его назначение и вклады.
17. Напряжения от самокомпенсации температурных удлинений. Реперы перемещений их устройство, назначение.
18. Классификация трубопроводной арматуры по назначению и конструкции.
19. Устройство РОУ, БРОУ назначение. Принцип работы.
20. Дренажи и тепловая изоляция трубопровода. Устройство, назначение.
21. Классификация насосов по назначению и принципу действия.
22. Конструктивные типы лопастных насосов. Состав насосного агрегата и его основные параметры. Потребляемая мощность.
23. Стабильные и нестабильные напорные характеристики, попажа. Защита от кавитации.
24. Способы регулирования производительности.
25. Совместная работа насосов при параллельном и последовательном включении.
26. выбор типа прохода питательных насосов. Конструкции питательных насосов и приводных турбин. Редукторы и гидромуфты. Приводные турбины. конструкции конденсатных, бустерных, сетевых и циркуляционных насосов.
27. Требования к тягодутьевым машинам. Типы, конструкции и маркировка. Аэродинамические схемы.
28. Выбор тягодутьевых машин, мощность привода и КПД.
29. Способы регулирования производительности и кривые сброса мощности.
30. Параллельная работа. Акустические характеристики. Конструкции дутьевых вентиляторов одностороннего и двустороннего всасывания.
31. Конструкции дымососов центробежного и осевого типов и их характеристики. Дымососы газовой циркуляции.
32. Основы золоудаления. Степень улавливания.
33. Типы золоуловителей механических, мокрых и электрофильтров. Устройство батарейного циклона.
34. мокрый золоуловитель – скруббер и ограничения применимости. Устройство электрофильтра.
35. коронирующие и осадительные электроды. Способы повышения эффективности. Питание и расход электроэнергии.