

Федеральное агентство по образованию

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГОУ ВПО «АмГУ»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой энергетики

_____ Н.В. Савина

« _____ » _____ 2007 г.

ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ

для специальности 140101 – «Тепловые электрические станции»

Составитель: асс. Литвиненко О. Е

Благовещенск

2007 г.

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
энергетического факультета
Амурского государственного
университета

Литвиненко О.Е

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций» для студентов специальности 140101 «Тепловые электрические станции». – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007. – 18 с.

Учебно-методический комплекс предназначен для оказания помощи студентам специальности 140101 «Тепловые электрические станции» в изучении дисциплины «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций»: формирования знаний о вспомогательном оборудовании пароводяного тракта, вспомогательном оборудовании газоздушного тракта.

Литвиненко Олеся Евгеньевна

© Амурский государственный университет, 2007

АННОТАЦИЯ

В рамках направления 650800 «Теплоэнергетика» на кафедре Энергетики реализуется подготовка дипломированного специалиста по специальности 140101. Государственный образовательный стандарт подготовки инженера по специальности 140101 "Тепловые электрические станции" включает изучение дисциплины "Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций" в разделе ОПД.Ф.09.

Согласно учебному плану специальности данная дисциплина изучается на четвертом курсе обучения (седьмой, восьмой семестр), предусмотрены следующие виды занятий и формы контроля

Наименование	Всего часов	7-й семестр	8-й семестр
Лекции	62	32	30
Практические занятия	15	10	5
Лабораторные занятия	-	-	-
Самостоятельная работа	75	+	+
Курсовая работа			+
Вид итогового контроля		экзамен	экзамен
Общая трудоемкость дисциплины	152		

Учебно-методический комплекс дисциплины «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций» включает в себя:

1. Рабочую учебную программу дисциплины «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций» (Амурский государственный университет, кафедра «Энергетика», 2006. Автор – Горбуленко В. В., ст. преподаватель каф. «Энергетика»);
2. Настоящий учебно-методический комплекс.

В настоящем учебно-методическом комплексе приведен краткий конспект лекций (с указанием тем для самостоятельного изучения и вопросов для самопроверки), методические рекомендации и методические указания по проведению практических и лабораторных занятий, график самостоятельной работы и методические указания по выполнению, комплекты заданий для

домашних расчетных и контрольных работ, а также материалы по контролю качества образования (методические указания по организации контроля знаний студентов, критерии оценки знаний студентов и фонды тестовых заданий).

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Государственный образовательный стандарт предусматривает изучение курса «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций» для специальности 140101 «Тепловые электрические станции».

1.1. Цель преподавания дисциплины

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

1.2. 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

1.3. 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

2.1 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

Тема 1. Регенеративные подогреватели, [1] с. 5 – 34.

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, m^2 , 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?

Тема 2. Сетевые подогреватели и водогрейные котлы, [1] с.35 -48

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°С до 70 - 120°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?

Тема 3. Деаэраторы, [1] с. 48 – 66.

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°С), атмосферные (тип ДА, рабочее давление 0,12 МПа, температура насыщения 104°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?

Тема 4. Испарительные установки, [1] с. 66 - 74

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.

Тема 5. Расчет теплообменников на прочность, [1] с.74 – 83

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.

Тема 6. Трубопроводы электростанций, [1] с.83 – 114

Трубопроводы в соответствии с Правилами Госгортехнадзора СССР 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.

Тема 7. Насосы тепловых электростанций, [1] с. 114 - 138

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 вращающимися 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.

Тема 8. Газовоздушные тракты, тягодутьевые машины, [1] с. 139 – 168

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.

Тема 9. Золоуловители, [1] с. 168 – 175

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?

Тема 10. Внешние газоходы и дымовые трубы, [1] с.190 -211

Внешние газоходы и дымовые трубы являются замыкающими элементами газоздушного тракта и дымовые газы удаляются при сравнительно низких температурах (при 130 - 160⁰С при сухих золоуловителях и при 80 - 110⁰С 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. (15 часов)

Расчет ПВД и эффективность подогрева конденсата в нем – 3,5 часа

Расчет охладителя пара – 3 часа

Расчет устройства очистки пара испарителя – 1,5 часа

Расчет мощности двигателя дутьевого вентилятора – 2 часа

Расчет трубопровода на прочность – 1,5 часа

Аэродинамический расчет дымовой трубы – 2,5 часа

3.1 Самостоятельная работа студентов

Расчет стационарных теплообменников на прочность – 2 часа

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 ПНД. 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 гидромфты. 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.

5. Учебно-методические материалы по дисциплине.

5.1 Литература:

1. Рихтер Л.А., Елизаров Д.П., Лавыгин В.М. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций. Учебное пособие. М.: Энергоатомиздат. – 1987
2. Назмеев Ю.Г., Лавыгин В.М. Теплообменные аппараты ТЭС. Учебное пособие. М.: Энергоатомиздат. – 1998.

3. РТМ 108.030.21-71. Расчет и проектирование термических деаэраторов. НПО ЦКТИ. 1978.

4. РТМ 108.271.23-84. Расчет и проектирование поверхностных подогревателей высокого и низкого давления. НПО ЦКТИ. 1985.

5. Тепловые и атомные электрические станции. Справочник. Под общей ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. М.: Энергоатомиздат. – 1989.

5.2. Средства обеспечения освоения дисциплины

Используются расчетные компьютерные программы:

1. Расчет подогревателя высокого давления.
2. Поверочный расчет испарителя.
3. Выбор теплообменника.

5.3 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Используется кафедральный вычислительный центр.

1. Схемы.
2. Плакаты.
3. Образцы.