

Федеральное агентство по образованию  
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГОУ ВПО “АмГУ”

УТВЕРЖДАЮ  
Зав.кафедрой энергетики  
\_\_\_\_\_ Н.В. Савина  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2007 г.

РЕМОНТ И ИСПЫТАНИЕ КОТЛОТУРБИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ  
ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

УЧЕБНО – МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для специальности 140101 – “Тепловые электрические станции”

Составитель: ассистент Литвиненко О.Е

Благовещенск 2007 г.

**Печатается по решению**  
Редакционно-издательского совета  
энергетического факультета  
Амурского  
государственного  
университета

государственного

*Литвиненко О.Е*

Учебно-методический комплекс по дисциплине “Ремонт и испытание котлотурбинного оборудования ТЭС” для студентов специальности 140101 “Тепловые электрические станции”. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007. - с.

Учебно-методические рекомендации предназначены для оказания помощи студентам специальности 140101 “Тепловые электрические станции” в изучении дисциплины “Ремонт и испытание котлотурбинного оборудования ТЭС”: формирования знаний по организации ремонта оборудования, видам ремонта и способами его проведения, а также изучения назначения основных видов испытания оборудования и их объемов.

Рецензент:

© Амурский государственный университет, 2007

## Содержание

### Аннотация

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе
  - 1.1 Цель преподавания дисциплины
  - 1.2 Задачи изучения дисциплины
  - 1.3 Связь с другими дисциплинами специальности
2. Краткий конспект лекций
3. Лабораторные занятия
  - 3.1 Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий
  - 3.2 Перечень тем лабораторных занятий
4. Самостоятельная работа студентов
  - 4.1 Методические рекомендации по проведению самостоятельных работ
  - 4.2 График самостоятельных работ студентов
5. Материалы по контролю качества образования
  - 5.1 Методические указания по организации контрольных знаний студентов
  - 5.2 Критерии оценки знаний студентов
  - 5.3 Фонды тестирования знаний
6. Список рекомендуемой литературы

## 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 “Ремонт и испытание котлотурбинного оборудования ТЭС”.

Согласно учебному плану специальности данная дисциплина изучается на пятом курсе (девятый семестр), предусмотрены следующие виды занятий и формы контроля:

Лекции 28 часов

Лабораторные занятия 14 часов

Самостоятельная работа 28 часов

Зачет 9 семестр

Всего часов - 70

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

## 1.1 Цель преподавания дисциплины

Предметом изучения дисциплины “Ремонт и испытание котлотурбинного оборудования ТЭС” является развитие инженерного мышления при выполнении испытания и ремонта тепломеханического оборудования согласно действующих нормативно – технических документов (НТД), а также умение принимать правильное техническое решение при проведении испытаний и определении видов ремонта.

## 1.2 Задачи изучения дисциплины

Задача дисциплины – научить студентов современным методам организации и проведения ремонта, а также ознакомить с методиками проведения испытаний котлотурбинного оборудования и действующими нормами по дисциплине.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- требования НТД по ремонтам и испытаниям ТМО
- систему технического обслуживания и ремонта оборудования ТЭС
  - систему ремонта оборудования по назначенному межремонтному ресурсу
  - виды структур ремонтного цикла оборудования
  - основные способы организации ремонта оборудования котлоагрегатов и турбоагрегатов, а также вспомогательного оборудования
- диагностику и приборы для оценки состояния оборудования
  - средства малой механизации для выполнения ремонтных работ оборудования ТЭС
- основные виды сварочных соединений
- цели, задачи, типы тепловых испытаний
- экспресс испытания по сокращенной программе, цели, задачи

## 1.3 Связь с другими дисциплинами специальности

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

Высшая математика: решение систем алгебраических уравнений, математическая статистика.

Физика: электричество

Химия: электромеханическая коррозия

Прикладная механика: теория механизмов и машин

Технология конструкционных материалов: структура металлов, изменение ее при циклических воздействиях в условиях высоких температур

Математические модели и методы расчета на ЭВМ: моделирование случайных процессов

Основы научных исследований: постановка эксперимента и обработка его результатов, методы оптимизации

Знания и умения, полученные в курсе, являются необходимыми для изучения специальных дисциплин “Котельные установки и парогенераторы”, “Турбины тепловых и атомных электрических станций”, “Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций”, “Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий” и используются при выполнении дипломных проектов и работ.

## 2. КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Сведения, необходимые для изучения дисциплины изложены в Правилах по организации ремонтов и руководящих указаниях по проведению испытаний ТМО. Ниже приводятся темы лекционных занятий.

**Тема 1. Планирование и подготовка к ремонту, виды ремонта,[1] с. 94 – 97.**

Узлы и детали парогенератора, изготовленные из различных материалов, находятся в разных условиях эксплуатации и подвержены износу от механических, физико-химических, термических и других разрушающих воздействий теплоносителя и рабочего тела.

Комплекс плановых мероприятий, направленных на доведение технических показателей оборудования до проектных и расчетных значений путем ремонта и замены отдельных деталей и узлов, обеспечивающих длительную, надежную и экономичную работу оборудования, называется системой планово – предупредительного ремонта (ППР).

Техническое обслуживание по системе ППР включает в себя надзор, уход и выполнение ремонтных работ в процессе эксплуатации с наименьшими потерями в производстве и направлено на поддержание в постоянной исправности и готовности оборудования и использование его по прямому

назначению. При этом ремонтное обслуживание является комплексом работ по ремонту оборудования, обеспечивающим его работоспособность и сохранение технико – экономических показателей в соответствии с техническими условиями, нормами и правилами.

Планово – предупредительный ремонт подразделяется на два вида:

Текущий и капитальный.

*Текущий* – это вид ремонта, при котором производится его чистка и осмотр, частичная разборка узлов с быстро изнашивающимися деталями, ресурс которых не обеспечивает надежность в последующий период работы, ремонт или замена указанных деталей, устранение дефектов, выявленных в процессе эксплуатации парогенератора.

Текущий ремонт производится по мере надобности, но не реже 1 раза в год и, как правило, силами ремонтно – эксплуатационного персонала электростанции.

*Капитальный ремонт парогенератора* – это вид ремонта, при котором производится полная ревизия всех узлов в соответствии с установленной периодичностью независимо от их технического состояния, ремонт или замена деталей, износ или ресурс которых не обеспечивает надежности работы в последующий межремонтный период, испытание и наладка работы сборочных узлов оборудования.

Капитальный ремонт парогенератора с поперечными связями должен производиться 1 раз в 2 – 3 года.

Капитальный ремонт парогенераторов, установленных в блоке с турбоагрегатами, должен производиться не чаще 1 раза в 3 года.

Типовой ремонт – ремонт, включающий только работы в типовом объеме.

*Типовые ремонты* – обязательные работы по ревизии сборочных узлов и ремонтные работы, регламентированные по периодичности и объему для определенного типа оборудования в конкретных условиях эксплуатации.

*Модернизация* – повышение эффективности, надежности и улучшение ремонтпригодности оборудования путем изменения конструкции отдельных

сборочных узлов и деталей, замены материала или метода его обработки, учитывающего новейшие достижения.

*Реконструкция* – коренное переустройство оборудования с целью его использования для работы на новом виде топлива, изменения параметров, назначения, повышения мощности, улучшения технико – экономических показателей.

## **Тема 2. Организационные формы ремонтного обслуживания, [1] с. 97 – 103.**

Существуют следующие формы организации ремонтного обслуживания электростанций: хозяйственная, централизованная, смешанная.

Хозяйственная форма организации ремонтного обслуживания – это когда все работы по ремонту оборудования производятся персоналом электростанции. При этом ремонтное обслуживание энергооборудования может осуществляться цеховым или станционным способом.

При цеховом способе ремонт парогенераторов организует и выполняет парогенераторный (котельный) цех при электростанции. Начальник этого цеха отвечает как за эксплуатацию, так и за организацию и проведение ремонта парогенераторов.

При станционном способе ремонта весь ремонтный персонал электростанции объединен в один ремонтный цех, который организует и проводит все виды ремонтного обслуживания теплоэнергетического оборудования, в том числе все капитальные и текущие ремонты парогенераторов. Объединенный ремонтный цех имеет в своем распоряжении центральные механические мастерские, кислородно-ацетиленовое и компрессорное хозяйства, крановое хозяйство, транспорт и т.д.

Централизованная форма ремонтного обслуживания – это такая форма, когда весь ремонтный персонал электростанции, входящих в энергосистему, объединен в одно энергосистемное производственно – ремонтное предприятие (ПРП) и когда организация и проведение всех видов ремонта

осуществляются этими предприятиями, выполняющими работы, как правило, подрядным способом, по договорам с электростанциями, которые выступают в лице заказчиков.

Смешанная форма организации ремонтного обслуживания – представляет собой различные сочетания первых двух форм. При этом возможны ремонтные услуги, оказываемые электростанциям разными привлекаемыми на ремонт подрядными организациями.

В ремонтной практике имеют место следующие основные виды ремонтных услуг, которые оказывают электростанциям разные организации на правах подрядчиков в процессе ремонтного обслуживания парогенераторов. Техническая помощь, при которой подрядная организация осуществляет только техническое руководство над всем комплексом или частью работ независимо от подчиненности ремонтного персонала.

Узловой ремонт, при проведении которого предприятие организует и производит ремонт отдельных узлов агрегата, например ремонт и замену коллекторов, горелочных устройств, пароперегревателя, дымососов, мельниц и т.д.

Агрегатный ремонт, при проведении которого предприятие организует и производит все без исключения работы по капитальному ремонту агрегата и его вспомогательного оборудования.

Комплексное ремонтное обслуживание, при котором предприятие организует и производит все капитальные, текущие ремонты основного и вспомогательного оборудования, надзор, уход за оборудованием, устранение отказов и повреждений оборудования и др.

### **Тема 3. Финансирование ремонтов, [1] с. 103 -105**

Текущий ремонт парогенераторов финансируется за счет эксплуатационных расходов электростанции и относится на себестоимость вырабатываемой энергии.

Капитальный и аварийный ремонты оборудования парогенератора финансируются за счет амортизационных отчислений согласно «Инструкция о порядке финансирования капитального ремонта основных фондов».

За счет амортизационных производятся следующие затраты, предусмотренные планом капитального ремонта парогенератора:

- затраты на ремонты, связанные с подготовкой к капитальному ремонту оборудования, в том числе на составление всей сметно – технической документации и изготовление специального инструмента и оснастки, необходимых для выполнения разовых работ, независимо от срока проведения указанных ремонтов;
- затраты на приобретение материалов, приобретение сменных деталей, подлежащих замене в период капитального ремонта;
- затраты на все виды технической диагностики, связанные с проведением кап. ремонта оборудования: наблюдение за ползучестью металла трубных систем, работающих под давлением; дефектоскопию; исследования, производимые для определения причин неисправностей работы узлов, систем или агрегата в целом (типовые и экспресс – испытания парогенераторов и т.п.);

Оценка стоимости ремонтного обслуживания парогенераторов как отдельной единицы основана на балансовых расчетах, в результате которых устанавливается соотношение потребности в средствах на его ремонтное обслуживание с располагаемым ремонтным фондом. При этом высвобождающиеся средства ремонтного фонда используются в качестве фонда финансирования единовременных вложений для целей модернизации и реконструкции оборудования.

Основная составная часть стоимости ремонта парогенератора – стоимость трудозатрат – определяется среднегодовой выработкой и соответствующей численностью ремонтного персонала.

Составляющая стоимости материалов определяется укрупнено по экономической оценке доли материалов.

Приходная часть баланса связана с расчетом величины ремонтного фонда, состоящего из двух частей, в соответствии с двумя источниками финансирования ремонтов:

- годовых амортизационных отчислений от стоимости основных промышленно – производственных фондов на капитальные ремонты;
- сумм текущих годовых издержек для финансирования текущих и частично аварийных ремонтов, относимых на статью себестоимости электро – и теплоэнергии «текущий ремонт».

#### **Тема 4. Ремонтные документы, [1] с. 105 -109**

Ремонтные документы – это рабочие конструкторские документы, предназначенные для подготовки ремонта, выполнения ремонта и контроля после ремонта. Они составляются отдельно на текущий и капитальный ремонты.

Ремонтные документы разрабатываются в соответствии с предполагаемым объемом работ, с учетом экономической целесообразности и технических возможностей той ремонтной организации, для которой предназначаются ремонтные документы.

Ремонтные документы в общем случае должны разрабатываться на основе:

- рабочей конструкторской документации;
- эксплуатационной документации;
- анализа ремонтнопригодности изделия и его составных частей;
- технологической документации;
- материалов по исследованию и изучению неисправностей, возникающих при испытании и эксплуатации изделия;
- результатов научно исследовательских работ по исследованию технологических процессов ремонта;
- материалов предыдущих опытных ремонтов, согласованных с заказчиками;
- опыта ремонтов на аналогичных парогенераторах, проведенных на нескольких электростанциях различными исполнителями.

Ремонтные документы должны составляться так, чтобы в них соблюдалась технологическая последовательность работ с указанием методов или способов выполнения работы, видов оборудования, инструмента, стендов, приборов, необходимых для ремонта; технических требований.

### **Тема 5. Вывод парогенератора в ремонт, [1] с. 113**

За два месяца до вывода парогенератора в капитальный ремонт производится тщательная проверка технического состояния его узлов и элементов, доступных наружному осмотру: арматуру, коллекторов, фланцев, лотков, наружных труб и их креплений, мест прохода труб через обмуровку, гарнитуры, каркаса, лестниц и площадок. При осмотре работающего агрегата должны быть также выявлены все подсосы и неплотности в обмуровке, обшивке, воздушных и газовых коробках и т.п.

В процессе проверки технического состояния работающего агрегата просматриваются формуляры предыдущего капитального ремонта, записи в эксплуатационном журнале и данные текущих ремонтов. На основании этой информации составляется ведомость объема работ предстоящего капитального ремонта.

За 2 месяца до начала ремонта специальная комиссия из представителей электростанции и ремонтной организации должна проверить наличие технической документации по модернизации оборудования и наличие проектов организации специальных работ и работ по модернизации.

За месяц до начала ремонта комиссия проверяет:

- наличие общей ведомости объема работ и сметы затрат;
- наличие протокола, согласования объема работ с подрядными организациями;
- наличие технологического графика ремонта;
- наличие разработанных мероприятий по технике безопасности, производственной санитарии, противопожарной безопасности и их материальную обеспеченность;

- обеспеченность предстоящего ремонта материалами, сменными деталями, инструментом и т.д.;

За 15 дней до начала ремонта комиссией проверяются:

- исправность и своевременность освидетельсирования стационарных подъемно – транспортных средств и такелажа;
- наличие плана размещения деталей и оборудования на перекрытиях и площадках;
- подготовленность транспортных путей, приобъектных и ремонтных площадок для перевозки и размещения оборудования, а также цеховых мастерских и кладовых.

За 10 дней до начала ремонта проверяются: состояние парогенератора и его вспомогательного оборудования в отношении противопожарной защиты и техники безопасности.

За 5 дней до останова агрегата оформляется протокол готовности электростанции и ремонтных организаций к ремонту парогенератора. В протоколе отражаются замечания комиссии по готовности (в основном по не выполненным пунктам) к капитальному ремонту.

За сутки до останова оформляется акт о сдаче агрегата в ремонт.

Началом капитального ремонта парогенератора принято считать время с момента полного снятия нагрузки с агрегата. Если же парогенератор выводится из резерва, то началом ремонта считается время с момента диспетчерского разрешения на его ремонт.

Выведенный в капитальный ремонт парогенератор должен быть отключен от общестанционной схемы по топливу, воде, пару, газозовдуховодам и дренажам. При этом все трубопроводы: паропроводы, питательные, дренажные линии, соединяющие парогенератор с другими агрегатами или паросборниками, расширителями и дренажными трубопроводами, - должны быть отключены заглушками.

**Тема 6. Классификация и общая характеристика испытаний, [2] с. 7-10.**

К наиболее часто проводимым теплотехническим испытаниям стационарных паровых водотрубных котлов относятся балансовые, режимно – наладочные и экспресс испытания.

Балансовые испытания имеют целью установление типовых энергетических характеристик для вновь введенных в эксплуатацию котлов после окончания периода освоения проектной мощности, при изменении вида топлива или значительном изменении его качества, для получения характеристик относительного прироста расхода топлива. Балансовые испытания соответствуют «периодическим» и «инспекционным» видам испытаний.

Режимно - наладочные испытания (без определения КПД нетто и воздушного баланса) с выдачей временной режимной карты проводят для наладки режима работы котла, определения оптимальных значений коэффициента избытка воздуха и тонкости топливной пыли, оптимального распределения воздуха по горелкам и их загрузки, для выявления минимальной и максимальной нагрузок котла при различном составе вспомогательного оборудования, определения аэродинамических характеристик газоздушного тракта.

Режимно – наладочные испытания необходимы также для выявления недостатков оборудования и изыскания способов их устранения, оценки результатов внедрения мероприятий по совершенствованию отдельных узлов и горелочных устройств, проверки характеристик отдельных элементов котла и т.д. Эти виды работ соответствуют «периодическим» и «нормальным» видам испытаний.

Экспресс – испытания проводят для оценки качества ремонтов; этот вид испытаний соответствует «сокращенным» испытаниям. В целях проверки гарантий поставщиков котельных установок иногда проводят «приемочные» испытания.

**Тема 7. Программы испытаний, [2] с.10 -28.**

В зависимости от целей и задач испытаний их проводят по типовым или специально разрабатываемым программам.

Программа должна устанавливать объект и цели работы, виды, последовательность и объем проводимых экспериментов, порядок, условия Место и сроки работ, обеспечение и отчетность по ним, ответственность за обеспечение и проведение.

В общие положения программы вносят данные по обоснованию проведения работ, цели и задачи испытаний, краткую характеристику подлежащего испытаниям оборудования – сведения, необходимые для проведения и сравнения результатов испытаний. В части программы, определяющей этапы, содержание и объемы испытаний, указывают количество и наименование этапов, перечень и продолжительность опытов на каждом этапе, продолжительность и ориентировочные сроки работ, требования к состоянию оборудования ко времени начала испытаний, средства измерений, приспособления, материалы и документы, подлежащие подготовке к началу испытаний, сведения о распределении обязанностей, ответственности и сроков выполнения отдельными соисполнителями предусматриваемых для них этапов работы.

### **Тема 8. Показатели экономичности турбоустановок, [3] с. 8 - 13**

Фактический уровень экономичности турбин, определение которого является основной целью проведения испытания, характеризуется в зависимости от ее типа следующими показателями: удельными расходами теплоты на выработку электроэнергии, пара на выработку электроэнергии, или удельными расходами теплоты и пара, а также удельной выработкой электроэнергии на тепловом потреблении.

*Удельный расход теплоты.*

Удельный расход теплоты,  $\text{кДж}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ , для турбин конденсационного типа без регулируемых отборов

$$q_T = \frac{Q_0}{N_t + N_i^{ТП}} * 10^3,$$

Где  $Q_0$  - общее количество теплоты, подведенное к рабочему телу в котле;

$N_t$  - электрическая мощность на зажимах генератора;

$N_i^{ТП}$  - внутренняя мощность турбопривода питательного насоса или воздухоподувки, на который подается пар от данной турбины.

Для турбин с регулируемыми отборами (или с противодавлением) удельный расход теплоты:

$$q_T = \frac{Q_0 - Q_{отп}}{N_T + N_i^{ТП}} * 10^3,$$

Где  $Q_{отп}$  - отпуск теплоты в регулируемые отборы или в противодавление.

Удельный расход теплоты можно определить также из уравнения «обратного» теплового баланса, т.е. через тепловые потери цикла:

$$q_T = 3600 + \frac{3600 \sum \Delta N_{ТА}}{N_T} + \frac{\Delta Q_{КОН}}{N_T} * 10^3 + \frac{\Delta Q_{ПР}}{N_T} * 10^3,$$

где  $\sum \Delta N_{ТА}$  - суммарные электромеханические потери турбоагрегата;

$\Delta Q_{КОН}$  - потери теплоты с циркуляционной водой в конденсаторе;

$\Delta Q_{ПР}$  - прочие тепловые потери.

Как показывает анализ, для турбин с противодавлением и турбин с регулируемым отбором при использовании теплоты отработавшего пара в

режимах теплового графика относительные потери в конденсаторе ( $\frac{\Delta Q_{КОН}}{N_T}$ )

становятся равными нулю, и в этом случае удельный расход теплоты будет зависеть лишь от суммарных потерь турбоагрегата и прочих тепловых потерь, не характеризуя общую экономичность.

При работе турбин с отбором по электрическому графику, т.е. с потерями теплоты в конденсаторе, относительная величина последних может изменяться в широких пределах в зависимости от соотношения мощностей, развиваемых потоками пара в конденсатор и в регулируемый отбор. Следовательно, для турбин с регулируемым отбором пара удельный расход теплоты зависит не столько от совершенства турбины, сколько от соотношения режимных факторов и поэтому не может быть выбран в качестве основного показателя экономичности.

Кроме того, для турбин конденсационного типа без регулируемых отборов удельный расход теплоты при неизменной электрической мощности зависит лишь от потерь в конденсаторе, которые определяются совершенством цикла турбинной установки и поэтому однозначно характеризует ее экономичность. Преимуществом этого показателя является также возможность с его помощью непосредственно перейти к удельному расходу топлива на выработанную электроэнергию и, следовательно, проводить расчеты сравнительной эффективности при реализации разного рода реконструктивных мероприятий.

Величиной, обратной удельному расходу теплоты, является абсолютный электрический КПД турбинной установки:

$$\eta_{э} = \frac{3600}{q_T}$$

### **Тема 9. Средства и методы определения показателей турбоустановки при испытании, [3] с. 13 – 24**

Показатели турбоустановки можно разделить условно на две группы. К первой относятся те из них, которые определяются с помощью прямых измерений, в частности давление и температура пара и воды, перепады давления на сужающих расходомерных устройствах, барометрическое давление и, наконец, электрическая мощность на зажимах генератора. Во вторую группу входят показатели, определяемые расчетным путем с

помощью  $h$ ,  $s$  – диаграммы для воды и водяного пара или таблиц на основании результатов прямых измерений, например расходы пара и воды, теплофикационная нагрузка, удельные расходы теплоты и пара, удельная выработка электроэнергии на тепловом потреблении и др.

Точность определения основных показателей, характеризующих общую экономичность турбоустановки и, в конечном счете, точность всего испытания, зависит главным образом от уровня погрешностей прямых измерений.

#### **Тема 10. Проведение испытаний, [3] с. 48 – 64**

Рабочая программа (убедившись в надежной работе измерительной схемы и готовности турбоустановки с точки зрения выполнения требований, руководитель испытания на основании технической программы составляет рабочую, которая конкретизирует сроки и необходимые условия проведения отдельных серий опытов); обязанности персонала, фиксация наблюдений; допустимые отклонения основных параметров; длительность опытов и частота записи показаний приборов; контроль хода опыта; пробные (предварительные) опыты.

#### **Тема 11. Обработка результатов, [3] с.57 -126.**

### **3. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ**

#### **3.1 Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий**

Лабораторные занятия предусматривают проведение эксперимента на действующем тепломеханическом оборудовании БТЭЦ и имитационными методами.

На первом занятии заведующий лабораторией проводит инструктаж по технике безопасности (ТБ), делается соответствующая запись в журнале по

ТБ лаборатории. Студенты, не прошедшие инструктаж по технике безопасности, к выполнению лабораторных работ не допускаются.

В начале лабораторного занятия осуществляется допуск студентов к выполнению работы. Для допуска необходимо знать цель и содержание работы, пояснить схему рабочего участка и порядок проведения эксперимента.

Лабораторная работа выполняется подгруппой (два, три человека), каждой подгруппе выдается индивидуальное задание (исходные данные).

Отчет по лабораторной работе оформляется каждым студентом индивидуально и должен содержать:

- тему и цель работы;
- схему экспериментального участка;
- протокол эксперимента (в табличной форме)
- обработку результатов исследования (в отчете приводятся подробные расчеты для одного экспериментального режима, при выполнении нескольких аналогичных расчетов результаты приводятся в табличной форме);
- результаты обработки опытных данных (в табличной форме);
- графические зависимости, полученные в работе
- выводы по проведенным экспериментам

Текст отчета выполняется на листах формата А4 в рукописном или машинописном виде, графические зависимости следует выполнять на миллиметровой бумаге формата А4 или А5. Обязательно указание единиц измерения приводимых (полученных экспериментально или рассчитанных) величин. Допускается выполнение расчетов и построение графических зависимостей с помощью прикладных расчетных программ (MathCAD &&&).

Для защиты результатов лабораторной работы следует представить преподавателю отчет и ответить (письменно или устно) на контрольные вопросы.

Опыты выполняются на режимах с отключенной и выключенной системами регенерации.

#### *Режимы с отключенной системой регенерации*

Цель опытов – проверка «плотности» турбоустановки, т.е. отсутствия заметных по величине подводов и отводов пара и воды из цикла, а также сопоставление расходов свежего пара, измеренных различными способами. Для проведения этих опытов, называемых по традиции «тарировочными», собирается такая тепловая схема, при которой расход свежего пара, подаваемого к турбине, может быть практически целиком измерен в виде конденсата. Это достигается, в частности, путем отключения регенеративных отборов на ПВД, деаэратор и по возможности ПНД, а также всех отборов от турбины на собственные и общестанционные нужды. При этом надежно отключаются все подводы и отводы пара и воды в цикл турбоустановки и обеспечивается равенство уровней в конденсаторе в начале и в конце каждого опыта.

Расход свежего пара может быть также сопоставлен с измеренным расходом питательной воды (для блочных турбоустановок) и с расходом пара по трубопроводам на промежуточный перегрев при наличии соответствующего измерительного устройства на последних.

Если при анализе результатов напрашивается вывод о меньшей надежности определения какого – либо из значений расхода по отношению к другому (например, из – за установки сужающего расходомерного устройства с отклонениями от данных или неустранимой погрешности измерения т.д.), то к результату часто вводится поправочный или тарировочный коэффициент, с помощью которого впоследствии корректируют измеренный таким способом расход во всех опытах.

Данные опытов могут быть использованы в процессе обработки результатов и для более точного определения расчетным путем конечной энтальпии пара, поскольку в этом случае число величин, участвующих в уравнении энергетического баланса турбоустановки минимально.

Количество «тарировочных» опытов в полном диапазоне изменения расхода свежего пара составляет не менее семи – восьми с продолжительностью не менее 30 мин при условии ежеминутной записи показаний перепадов давления на сужающих устройствах.

Обработка данных выполняется до начала основной части испытания, так как их анализ в ряде случаев может способствовать своевременному выявлению неучтенных потоков пара и воды, систематической погрешности измерения того или иного расхода.

#### *Лабораторная №1. Измерение расходов пара и воды.*

Наиболее часто применяется система измерения, содержащая стандартное сужающее устройство, соединительные линии, преобразователь и вторичный прибор.

При подсчете расхода среды необходимо определить ее плотность, на основании измерений температуры и давления непосредственно перед сужающим устройством (давление измеряется манометром, подключенным к плюсовой стороне дифференциального манометра).

Расходы пара на регенеративные подогреватели, как правило, не измеряют, а определяют из уравнения теплового баланса, для решения которого должны быть непосредственно измерены следующие величины: расход обогреваемого конденсата или питательной воды, их температуры до и после подогревателя, давление и температура греющего пара и температура дренажа.

Организация измерения этих величин должна удовлетворять следующим требованиям:

- весь расход обогреваемого конденсата или питательной воды, проходящей через подогреватель, измеряется с помощью сужающего устройства. При отличии действительного расхода через подогреватель от измеренного сужающим устройством действительный расход находится путем расчета уравнений теплового баланса расположенных выше подогревателей;
- давление и температура греющего пара измеряется перед входом в подогреватель на расстоянии не менее 2 – 3 м от него с целью исключения

возможной погрешности измерения температуры из – за влияния излучения от трубного пучка и т.д.

- температура обогреваемого конденсата или питательной воды измеряется непосредственно на входном и выходном патрубках подогревателя.

Темы лабораторных занятий приведены в рабочей программе дисциплины.

### **3.2 Перечень тем лабораторных занятий**

1. Расчет назначенного межремонтного ресурса энергоблока (6 часов)
2. Расчет календарной продолжительности ремонтного цикла энергоблока (5 часов)
3. Выбор типа электродов для сварочных работ и расчет расхода материалов (3 часа)
4. Измерение расхода пара и воды

## **4. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ**

### **4.1 Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы**

Самостоятельная работа предусматривает:

- подготовку студентов к аудиторным лекционным и лабораторным занятиям;
- выполнение домашних расчетных заданий по основным темам дисциплины;

Для усвоения дисциплины, необходима систематическая самостоятельная работа, контроль которой осуществляется с помощью графика самостоятельной работы (табл.1).

Темы аудиторных лекционных и лабораторных занятий; темы и задания для расчетных домашних работ и курсовой работы; рекомендуемая литература приведены в рабочей программе дисциплины и настоящем учебно-методическом комплексе..

### **4.2 График самостоятельной работы студентов**

№	Содержание	Объем в часах	Формы контроля	Сроки (недели)

1	Виды и классификация ремонтов	1,1	Блиц - опрос	3
2	Система технического обслуживания и ремонта	1,1	Блиц - опрос	5

## 5. МАТЕРИАЛЫ ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ

### 5.1 Методические указания по организации контроля знаний студентов

Важнейшей составляющей изучения дисциплины является контроль знаний студентов, в том числе тестовый контроль качества освоения профессиональной образовательной программы (проверка остаточных знаний). Приведенные ниже комплекты заданий позволяют оценить степень усвоения теоретического материала и практических навыков и умений по ТМО в рамках учебной программы для энергетических специальностей вузов.

Предусмотрены следующие виды контроля знаний студентов:

#### *Входной контроль*

Входной контроль по дисциплине представляет собой тестовые задания, позволяющие оценить знания понятий, определений и закономерностей, используемых в данной дисциплине и изучаемых в ранее изученных курсах (физика, химия, математика), т.е. подготовленность студентов для освоения дисциплины

#### *Межсессионный контроль*

Межсессионный контроль включает теоретические задания по изучаемым темам, выполнение проверочных работ, выполнение домашних расчетных заданий. Текущий контроль осуществляется систематически в течении семестра (см. график самостоятельной работы п.4.2), по результатам контроля выставляется промежуточная аттестация (контрольные точки), экзаменационная оценка по дисциплине выставляется с учетом результатов межсессионного контроля.

#### *Экзаменационный контроль*

Итоговой формой контроля знаний студентов является экзамен. В ответах студентов на экзамене знания и умения оцениваются по пятибальной системе. Опрос студентов осуществляется в письменной – устной форме. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса по изученному курсу и задачу (каждый вопрос и задача – по разным темам дисциплины). Для подготовки ответа на вопросы и решение задачи дается 40 мин.

### *Контроль остаточных знаний*

Проверка качества освоения профессиональной образовательной программы осуществляется после изучения дисциплины в виде тестирования.

## **5.2 Критерии оценки знаний студентов**

*Входной контроль, межсессионный (теоретические задания) контроль и контроль остаточных знаний*

Знания оцениваются по четырехбальной шкале.

*Отлично* – не менее 85% правильно выполненных заданий; *хорошо* – не менее 75% правильно выполненных заданий; *удовлетворительно* – не менее 50% правильно выполненных заданий; *неудовлетворительно* – менее 50% правильно выполненных заданий.

*Межсессионный контроль (проверочные работы)*

Каждая проверочная работа включает две задачи. Практические умения решения задач оцениваются по четырехбальной шкале.

*Отлично* – правильно решены обе задачи; *хорошо* – одна задача решена правильно, при решении второй задачи допущены ошибки (задача не решена до конца, неправильно найдены некоторые величины) или решение обеих задач содержит ошибки не принципиального характера. *Удовлетворительно* – правильно решена одна задача или решение обеих задач содержит принципиальные ошибки. *Неудовлетворительно* – обе задачи решены неверно.

*Экзаменационный контроль*

В ответах студентов на экзамене знания и умения оцениваются по пятибальной шкале.

Оценка “отлично” ставится в случае правильных и полных ответов на оба теоретических вопроса билета и правильного решения задачи.

Оценка “хорошо” ставится в случае:

- правильного, на неполного ответа на один из теоретических вопросов билета, требующего уточняющих дополнительных вопросов со стороны преподавателя или ответа, содержащего ошибки не принципиального характера, которые студент исправляет после замечаний (дополнительных вопросов) преподавателя; правильного решения задачи;
- правильных и полных ответа на оба теоретических вопроса билета; затруднений при решении задачи, с которыми студент справляется после помощи преподавателя.

Оценка “удовлетворительно” ставится в случае:

- ответа, содержащего ошибки не принципиального характера на теоретические вопросы билета; правильного решения задачи;

- неверного ответа (отсутствие ответа) на один из теоретических вопроса билета; решение задачи после незначительной помощи преподавателя;
- правильных и полных ответа на оба теоретических вопроса билета; неверного решения задачи (не справился с задачей после помощи преподавателя).

Оценка “неудовлетворительно” ставится в случае:

- неверных ответах (отсутствия ответов) на оба теоретических вопроса билета;
- неверного ответа (отсутствие ответов) на один из теоретических вопросов билета и неверного решения задачи.

### **5.3 Фонды тестовых заданий**

#### *Входной контроль*

1. Назначение текущего ремонта
2. Назначение капитального ремонта
3. Сроки проведения кап.ремонта КА
4. Сроки проведения кап.ремонта ТА
5. Как выставляется оценка кап.ремонта

#### *Зачетный контроль*

#### Вопросы к зачету

1. Для каких целей производится наладка трубопроводов ТЭС
2. В каких случаях выполняется наладка внутрибарабанных сепарационных устройств
3. Задачи проведения режимных испытаний ТА
4. Балансовые испытания ТА. Цели и задачи
5. Экспресс испытания ТА, цели, кто проводит
6. В каких случаях проводятся испытания золоулавливающих устройств по 1 категории
7. В каких случаях проводятся приемосдаточные испытания КА
8. Для каких целей проводятся ремонты энергетического оборудования, виды ремонтов
9. Что такое ремонтный цикл
10. Какие системы ремонта используются в теплоэнергетике. Их отличия
11. Назначенный межремонтный ресурс оборудования. Физический смысл этого терминала и каким способом он определяется
12. Каким способом определяется качество выполненного ремонта оборудования
13. Каким способом производится сборка трубопроводов ТЭС
14. Типы сварочных соединений материалов, конструкций
15. Основные требования и способы контроля сварочных соединений

16. Средства механизации используемые для ремонта поверхностей нагрева теплообменников
17. Календарный график ремонта оборудования, его назначение, кто рассчитывает
18. Какие приборы и инструменты используются для диагностики состояния основного оборудования
19. Цели и задачи мониторинга состояния оборудования
20. Восстановительная термообработка материалов, деталей, в каких случаях она проводится
21. Способы определения стоимости ремонтных работ на ТЭС

## **6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Жилин В.Н., Семенов В.М. «Ремонт парогенераторов», М.: Энергия, 1976 г.
2. Фингер Е.Д., Авдеева А.А. «Теплотехнические испытания котельных установок», М.: Энергоатомиздат. 1991 г.
3. Сахаров А.М. «Тепловые испытания паровых турбин», М.: энергоатомиздат, 1990 г.