

Федеральное агентство по образованию

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГОУ ВПО «АмГУ»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой энергетики

\_\_\_\_\_ Н.В. Савина

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2007 г.

РЕЖИМЫ РАБОТЫ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОВЫХ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ

для специальности 140101 – «Тепловые электрические станции»

Составитель: Храмцова Н.Н.

Благовещенск  
2007 г.

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

*Храмцова Н.Н.*

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Режимы работы и эксплуатации ТЭС» для студентов специальности 140101 «Тепловые электрические станции». – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007. – 32 с.

Учебно-методический комплекс предназначен для оказания помощи студентам специальности 140101 «Тепловые электрические станции» в изучении дисциплины «Режимы работы и эксплуатации ТЭС»: по основам правильной технической эксплуатации и методам ведения рациональных режимов работы теплосилового оборудования ТЭС и АЭС, обеспечивающих надежную, экономичную и безопасную эксплуатацию основного и вспомогательного оборудования в процессе выполнения диспетчерского графика нагрузок.

© Храмцова Надежда Николаевна

© 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 "Режимы работы и эксплуатации ТЭС" в разделе СД.07.

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

Наименование	Всего часов	8-й семестр	9-й семестр
Лекции	72	30	42
Практические занятия	29	15	14
Лабораторные занятия	14		14
Самостоятельная работа	95		
Вид итогового контроля		зачет	экзамен
Общая трудоемкость дисциплины	210		

Учебно-методический комплекс дисциплины «Теоретические основы теплотехники. Термодинамика» включает в себя:

1. Рабочую учебную программу дисциплины «Режимы работы и эксплуатации ТЭС» (Амурский государственный университет, кафедра «Энергетика», 2006. Автор – Храмцова Н.Н, ассистент каф. «Энергетика»);
2. Настоящий учебно-методический комплекс.

В настоящем учебно-методическом комплексе приведен краткий конспект лекций, методические рекомендации и методические указания по проведению практических и лабораторных занятий, график самостоятельной работы и методические указания по выполнению, комплекты заданий для домашних расчетных работ, а также методические указания по организации контроля знаний студентов, критерии оценки знаний студентов.

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

## **1.1. Цель преподавания дисциплины**

Целью дисциплины является приобретение знаний по основам правильной технической эксплуатации и методам ведения рациональных режимов работы теплосилового оборудования ТЭС и АЭС, обеспечивающих надежную, экономичную и безопасную эксплуатацию основного и вспомогательного оборудования в процессе выполнения диспетчерского графика нагрузок.

## **1.2. Задачи изучения дисциплины**

Задачей изучения дисциплины является обеспечение знаний студентов в области технической эксплуатации и методов ведения рациональных режимов работы теплосилового оборудования ТЭС и АЭС.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать: структуру управления электростанцией, условия обеспечения безопасной, экономической и безаварийной эксплуатации основного и вспомогательного оборудования, основные ограничения, накладываемые на режимы работы, способы повышения маневренности оборудования, методы оптимального распределения нагрузки между агрегатами, систему технической отчетности электростанций.

Уметь: выполнять расчеты тепловых схем станций в различных режимах, уметь рассчитать показатели тепловой экономичности, производить распределение нагрузки между агрегатами и выбирать оптимальный состав генерирующего оборудования.

## **1.3. Перечень дисциплин, освоение которых необходимо при изучении данной дисциплины**

Котельные установки и парогенераторы: конструкция и основные схемы котельных установок, тепловой баланс.

Турбины тепловых и атомных электрических станций: принцип действия турбин, конструкция паровой и газовой турбин, компрессора.

Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций: регенеративные подогреватели, сетевые подогреватели, водогрейные котлы, деаэраторы, водный режим испарителей, типы насосов.

Водоподготовка: требования к качеству питательной воды и пару, применяемой на ТЭС, способы и методы подготовки питательной воды.

Основы централизованного теплоснабжения: основные схемы теплоснабжения, режимы эксплуатации тепловых сетей.

Топливное хозяйство и золоудаление: системы пылеприготовления, топливоподдачи, удаление золы и шлака, методы очистки дымовых газов.

## **2. КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

### ***Тема 1***

#### **Графики нагрузок работы электростанций**

Графики электрических нагрузок энергосистем, электростанций, энергоблоков в суточном, сезонном и годовом аспектах времени. Режимы эксплуатации энергоблоков КЭС, ТЭЦ, АЭС и других типов электростанций. Структура управления внутри электростанций и в энергосистеме. Диспетчерские службы.

### ***Тема 2***

#### **Эксплуатация энергоблоков ТЭС при стационарных нагрузках.**

Режимные карты оборудования и энергоблока, нормативные характеристики, поправки к ним. Режимы стационарной работы котлов, пути обеспечения оптимальных условий эксплуатации, способы регулирования температуры перегрева пара, их сравнительная эффективность. Совместное сжигание различных видов топлива. Занос поверхностей котла, их очистка. Нарушения условий нормальной эксплуатации.

### ***Тема 3***

#### **Эксплуатация конденсационных турбин.**

Эксплуатация конденсационных турбин под нагрузкой, влияние отклонений начальной температуры и давления пара на экономичность, надежность турбины. Возможные нарушения режима работы турбины. Занос проточной части турбины. Основные причины заноса. Способы борьбы с отложениями и методы очистки проточной части.

### ***Тема 4***

#### **Работа основного и вспомогательного оборудования в переходных режимах и на частичных нагрузках.**

Работа основного и вспомогательного оборудования на частичных нагрузках. Обеспечение оптимальных условий эксплуатации основного и вспомогательного оборудования на частичных нагрузках, ограничения по параметрам, возможные аварийные ситуации, их ликвидация.

Регулировочный диапазон оборудования, технический минимум, маневренные характеристики. Ограничения по условиям надежности, устанавливаемые на диапазон изменения нагрузки энергоблока, устойчивого сжигания топлива, шлакоудаления. Минимально и максимально допустимые нагрузки. Сброс нагрузки до уровня собственных нужд и холостого хода. Пути расширения регулировочного диапазона. Эффективность работы оборудования и энергоблока на частичных нагрузках. Влияние способа парораспределения и

регулирования начальных параметров на эффективность работы паровой турбины. Энергетические характеристики при постоянном и скользящем начальном давлении пара. Затраты и потери топлива на этапах разгрузки, нагружения, нахождения в состоянии резерва, в переходных и нестационарных режимах. Особенности расчета затрат топлива в переходных режимах. Работа вспомогательного оборудования котла и турбины в нормальных условиях, контроль за их работой, аварийное отключение, отказы в работе. Изменение режимов работы вспомогательного оборудования в зависимости от уровня мощности. Условия переключений и отключений по уровню мощности. Загрязнение конденсатора. Способы очистки. Влияние загрязнений конденсатора на экономичность блока.

### **Тема 5**

#### **Способы вывода оборудования в резерв.**

Способы резервирования энергоблоков. Остановочно-пусковые режимы. Пусковые схемы блоков с барабанными и прямоточными котлами. Графики останова и пуска из различных тепловых состояний. Перевод энергоблоков в малопаровые режимы. Обеспечение оптимальных условий эксплуатации оборудования энергоблоков в малопаровых режимах. Потери топлива в пуско-остановочных режимах.

Температурные напряжения в элементах энергоблоков в разгрузке и остановочно-пусковых режимах. Малоцикловая надежность, способы определения допустимых циклов для различных способов резервирования. Допустимые и оптимальные скорости изменения нагрузки при остановках, пусках, нагружении, при сбросах и набросах нагрузки.

### **Тема 6**

#### **Эксплуатация оборудования ТЭС при участии в регулировании графиков нагрузки.**

Методы оптимального распределения нагрузки между параллельно работающими агрегатами в пределах станции (ТЭС, АЭС) при однотипном и разнотипном оборудовании. Методы распределения по равенству относительных приростов, метод «клапанов», динамическое программирование, аналитические методы. Области применимости каждого из указанных методов. Выбор и оптимизация состава генерирующего оборудования при прохождении провалов нагрузки при однотипном и разнотипном составе оборудования. Учет факторов надежности при выборе состава генерирующего оборудования.

Методы совместной оптимизации по выбору состава оборудования и распределение нагрузки при прохождении провалов нагрузки.

Мобильность энергоблоков, участие их в регулировании частоты в энергосистеме. Сброс и подхват нагрузки. Использование аккумулирующей способности котла для подхвата нагрузки

### ***Тема 7***

#### **Перегрузочные возможности основного и вспомогательного оборудования ТЭС.**

Способы получения дополнительной мощности на конденсационных энергоблоках за счет режимных мероприятий (форсирование котла, отключение ПВД). Расчет затрат топлива в режимах получения пиковой мощности. Оценка экономической эффективности режимов.

Выравнивание графиков нагрузки энергосистем и электростанций за счет использования аккумуляторов тепла и ГАЭС. Особенности расчета затрат топлива при использовании аккумуляторов тепла. Выбор емкости аккумуляторов тепла и ГАЭС в энергосистеме.

### ***Тема 8***

#### **Эксплуатация вспомогательных систем жизнеобеспечения станции.**

Масляная система турбоагрегата, основные схемы и характеристики маслосистемы современных энергоблоков. Типы используемых масел и их характеристики. Эксплуатация масляных систем. Аварийные ситуации и системы защит, используемых в маслосистемах. Правила и нормы их эксплуатации.

Системы технического водоснабжения, их типы и характеристики, основные требования и условия эксплуатации. Правила и нормы технической эксплуатации.

Системы топливоснабжения, их типы и характеристики. Правила и нормы эксплуатации систем топливоснабжения.

Системы гидрозолоудаления. Основные типы и их характеристики. Правила и нормы их технической эксплуатации.

### ***Тема 9***

#### **Особенности эксплуатации ТЭЦ**

Особенности эксплуатации оборудования ТЭЦ, графики тепловых нагрузок, диаграммы режимов, их использование в процессе эксплуатации. Теплофикационные, конденсационные режимы. Влияние режима работы теплосети на эксплуатационные режимы теплофикационных агрегатов. Многофакторные энергетические характеристики теплофикационных агрегатов, области их применения.

Участие теплофикационных агрегатов различного типа в регулировании графиков тепловой и электрической нагрузок. Способы снижения электриче-

ской нагрузки при постоянной тепловой нагрузке, их сравнительная эффективность. Вопросы эксплуатации ЦНД теплофикационных турбин при работе их с полностью закрытой диафрагмой. Ограничения по температуре металла лопаток ЦНД, давления в конденсаторе, давления и расхода в теплофикационных отборах.

Способы получения дополнительной электрической нагрузки на теплофикационных агрегатах, области их применения, сравнительная эффективность. Надежность работы оборудования ТЭЦ в режимах с повышенной нагрузкой.

Эффективность работы теплофикационных турбин в режимах регулирования. Способы разделения затрат тепла и топлива на выработку тепловой и электрической энергий. Определение затрат тепла или топлива за сутки, месяц, год.

Особенности внутростанционной оптимизации режимов работы оборудования. Графики нагрузок ТЭЦ. Совместное распределение тепловой и электрической нагрузки между турбо- и котлоагрегатами ТЭЦ при однотипном и разнотипном оборудовании. Учет экологических и надежности факторов при проведении оптимизационных расчетов.

## ***Тема 10***

### **Аварийные режимы ТЭС.**

Аварийные режимы. Аварийные режимы котлов. Аварийные режимы турбин. Аварийные ситуации на вспомогательном оборудовании. Работа элементов энергоблоков при различных аварийных ситуациях. Действия оперативного персонала в аварийных ситуациях. Инструкции эксплуатации в аварийных режимах. Методика проведения испытаний оборудования энергоблока. Наладочные испытания, научный эксперимент. Обработка результатов.

## **3. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

### **3.1. Методические рекомендации по проведению практических занятий**

Практические занятия предусматривают решение задач по темам дисциплины. В начале практического занятия следует вспомнить необходимые для решения задач теоретические сведения (работа с аудиторией). Далее разбираются несколько (три, четыре – в зависимости от объема) типовых задач. Приводится (если это необходимо) алгоритм решения типовых задач. Разбираются примеры типовых ошибок. Далее для решения предлагаются более сложные задачи (одна, две), требующие креативного подхода.

Выдается домашнее расчетное задание (если оно предусмотрено по данной теме), анализируется выполнение предыдущего домашнего задания, разбираются типовые ошибки.



### **3.2. Перечень тем практических занятий.**

#### *Тема 1*

Графики нагрузок и режимы работы электростанций (5 часов)

#### *Тема 2*

Работа основного и вспомогательного оборудования в переходных режимах и на частичных нагрузках (6 часов)

#### *Тема 3*

Способы вывода оборудования в резерв (6 часов)

#### *Тема 4*

Эксплуатация оборудования ТЭС при участии в регулировании графиков нагрузки (6 часов)

#### *Тема 5*

Особенности эксплуатации ТЭЦ (6 часов)

### **3.3. План проведения практического занятия**

Тема занятия: Работа основного и вспомогательного оборудования в переходных режимах и на частичных нагрузках.

#### Решение задач

#### *Указания.*

Расчет турбин ведется при условии равенства расходов свежего пара на турбину и расходов питательной воды, т.е. без утечек пара и конденсата.

Пример: На примере ТЭЦ с четырьмя турбинами Т-100-130 и пиковыми водогрейными котлами рассчитать режимы турбины Т-100-130 для случая, трехступенчатого подогрева сетевой воды с использованием пучка, в конденсаторе.

Исходные данные:

Температура наружного воздуха - 20°C.

Температура сетевой воды в подающей магистрали 138 °С.

Температура сетевой воды в обратной магистрали 56°C.

Решение:

1. Определяется суммарный расход сетевой воды
2. Рассчитывается отопительная нагрузка ТЭЦ
3. Определяются расходы пара
4. Определяются потери
5. С учетом потерь определяется мощность турбогенератора

## **4. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ**

### **4.1. Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий**

Лабораторные работы проводятся на действующем оборудовании Благовещенской ТЭЦ. На первом занятии преподаватель и проводит инструктаж по технике безопасности, делается соответствующая запись в журнале по ТБ. Студенты, не прошедшие инструктаж по технике безопасности, к выполнению лабораторных работ не допускаются.

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

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.

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 (например, Mathcad).

## **4.2. Перечень тем лабораторных занятий**

1. Анализ режима работы основного оборудования Благовещенской ТЭЦ. Определение технико-экономических показателей работы котлов и турбин при рабочей нагрузке. (6 часов)

2. Анализ режима работы котла БКЗ 420-140 Благовещенской ТЭЦ. Изучение режимной карты и нормативной характеристики котла. Определение основных показателей котла при рабочей нагрузке. (4 часа)

3. Анализ режима работы турбин ПТ 60-130/13 и Т 100-130 Благовещенской ТЭЦ. Изучение режимных карт и нормативных характеристик турбин. Определение основных показателей турбин при рабочей нагрузке. (4 часа)

### 4.3. Методические указания по выполнению лабораторных работ

#### Лабораторная работа № 1

Тема: Анализ режима работы основного оборудования Благовещенской ТЭЦ. Определение технико-экономических показателей работы котлов и турбин при рабочей нагрузке.

Цель: Знакомство со структурой управления в цехах БТЭЦ, с обязанностями дежурного персонала, изучение щитов оперативного управления: определение технико-экономических показателей работы котлов и турбин при рабочей нагрузке по штатным КИП, анализ показателей.

Выполнение работы.

1. Изучить структуру предприятия
2. Ознакомиться с нормальными, пусковыми и аварийными режимами работы оборудования ТЭЦ, а также с обязанностями и действиями дежурного персонала при каждом режиме.
3. Изучить щит оперативного управления ТЭЦ, назначение и характеристики приборов учета.
4. Изучить основные нормативные документы, на основании которых составляются отчеты по работе станции.
5. На основании изученных документов и отчетных данных каждому студенту выдается индивидуальное задание для расчета.
6. Отчет по работе должен содержать:
  - краткую характеристику режимов работы станции
  - описание щита оперативного управления
  - индивидуальное задание (результаты расчета должны быть оформлены в виде таблицы, если необходимо – в виде графиков)
  - вывод по работе

Пример выполнения индивидуального задания

Расчет номинальных и нормативных удельных расходов топлива

Показатель, единица измерения	Обозначение	Расчетная формула	Значение показателя
Технологические потери тепла, связанные с его отпуском:			
- от наружного охлаждения трубопроводов, бойлеров и проч., Гкал			
- при подготовке воды для подпитки теплосети			
- при подготовке обессоленной воды для восполнения не возврата конденсата от потребителей, Гкал			
- при отоплении ПВК			
Номинальные технологические потери тепла, связанные с его отпуском, Гкал			
Затраты мощности, кВт:			
- на сетевые и подпорные насосы			

- на подпиточные насосы			
- на конденсатные насосы бойлеров			
- на тягу и дутье ПВК			
- на подготовку воды для подпитки теплосети			
Суммарные затраты электроэнергии, относимые к теплофикационной установке, тыс.кВтч			
Затраты мощности на сетевые и подпорные насосы, тыс.кВтч			
Количества тепла, полученное водой за счет нагрева ее в сетевых насосах, Гкал			
Доля отпуска тепла, обеспечиваемая за счет нагрева воды в сетевых насосах, %			
Доля отпуска тепла от ПВК, %			
Номинальное значение коэффициента потерь при отпуске тепла внешним потребителям от энергетических котлов, %			
Расход электроэнергии на насосы, используемые при подготовке химобессоленной воды для восполнения невозврата конденсата от потребителей пара, тыс. кВт*ч			
Коэффициент отнесения затрат топлива энергетическими котлами на производство электроэнергии			
Номинальное значение удельного расхода электроэнергии на собственные нужды, отнесенного на производство электроэнергии, %			
Номинальное значение КПД нетто группы котлов, %			
Коэффициент теплового потока, %			
Коэффициент стабилизации тепловых процессов, %			
Коэффициент увеличения расхода топлива котлами при условном отсутствии отпуска тепла внешним потребителям из отборов турбин			
Удельный расход условного топлива на электроэнергию, г/кВтч:			
- номинальный			
- нормативный			
Промежуточный удельный расход условного топлива на тепло, кг/Гкал			
- на энергетические котлы			
- на ПВК			
Увеличение удельного расхода топлива вследствие дополнительных затрат электроэнергии, кг/Гкал			
- номинального			
- нормативного			
Удельный расход условного топлива на отпуск тепла внешним потребителям, кг/Гкал:			
- номинальный			
- нормативный			

## Лабораторная работа № 2

Тема: Анализ режима работы котла БКЗ 420-140 Благовещенской ТЭЦ. Изучение режимной карты и нормативной характеристики котла. Определение основных показателей котла при рабочей нагрузке. (4 часа)

Цель работы: Изучение щитов управления котла, изучение режимной карты и нормативной характеристики котла, изучение обязанностей дежурного персонала по обслуживанию котла, определение основных показателей котла при рабочей нагрузке по штатным приборам, анализ показателей работы котла.

### Выполнение работы.

В котельном цехе установлены четыре котлоагрегата БКЗ-420-140-7 с параметрами острого пара  $P_0=140$  кгс/см<sup>2</sup>,  $t_0=560$  °С,  $P_6=159$  кгс/см<sup>2</sup>.

Котлоагрегат БКЗ-420-140-7 вертикально-водотрубный, П-образной компоновки, однобарабанный, с естественной циркуляцией. Снабжен четырьмя индивидуальными пылесистемами прямого вдувания с тангенциальными молотковыми мельницами ММТ1500/2510/740. Для транспортировки сушильного агента установлены четыре вентилятора горячего дутья типа ДН-24х2-0.62, двух дутьевых вентиляторов типа ДН-26ГМ.

Главные паропроводы и питательные трубопроводы выполнены с поперечными связями. Питательная установка включает в себя пять электропитательных насоса типа ПЭ-580/185-2.

При выполнении работы необходимо:

1. Изучить щит управления котла
2. Ознакомиться с нормальными, пусковыми и аварийными режимами работы котельной установки, а также с обязанностями и действиями дежурного персонала при каждом режиме.
3. Изучить каким образом определяются основные показатели котла при рабочей нагрузке по штатным приборам.
4. Изучить режимные карты и нормативные характеристики котла, основные нормативные документы, на основании которых составляются отчеты по работе котла.
5. По данным учета и отчетным данным произвести расчет показателей котлов
6. Отчет по работе должен содержать:
  - краткую характеристику котельной установки
  - расчет номинальных и нормативных показателей котлов (результаты расчета должны быть оформлены в виде таблицы, если необходимо – в виде графиков)
  - вывод по работе

### Пример выполнения задания

Показатель, единица измерения	обозначение	Способ определения	значение
Фактическое качество сожженного топлива:			
- низшая теплота сгорания, ккал/кг			
- влажность, %			
- зольность, %			
Число часов работы:			
- котла			
- группы котлов			
Выработка тепла:			
- котлом			
- группой котлов			
Паропроизводительность, т/ч:			
- котла			
- группы котлов			
Расход питательной воды по группе котлов, тыс.т			
Количество пусков котлов по диспетчерскому графику			
Температура воздуха, °С:			
- холодного на стороне всасывания дутьевого вентилятора			
- перед воздухоподогревателем			
Температура питательной воды, °С:			
Продолжительность работы котла от даты составления энергетической характеристики, ч			
Максимальная нагрузка группы котлов, Гкал/ч			
Фактический расход топлива в условном исчислении, т/т			
Фактический расход натурального топлива, т			
Количество слитого мазута, т			
Фактический расход мазута, т			
Среднее количество мазута, находившегося на складе, т			
Число часов, в течении которых оборудование мазутонасосной находилось в горячем резерве, ч			
Среднее значение тепловой нагрузки, Гкал/ч:			
- котла			
- группы котлов			
Средний расход питательной воды котлом, т/ч			
Номинальное удельное значение количества тепла, внесенного в топку, ккал/кг			
- с предварительно подогретым мазутом			
- воспринятого воздухом в калориферах			
Коэффициент, учитывающий тепло, дополнительно внесенное в топку			

Исходно-номинальное значение потерь тепла от механической неполноты сгорания, %			
Номинальное значение потерь тепла от механической неполноты сгорания, %			
Исходно-номинальное значение температуры уходящих газов, °С			
Номинальные значения			
- температуры уходящих газов, °С			
- коэффициента избытка воздуха в уходящих газах			
- потерь тепла с уходящими газами, %			
- потерь тепла от наружного охлаждения котла, %			
- потерь тепла с физическим теплом шлака, %			
- потерь тепла при пусках котлов по диспетчерскому графику, %			
- потерь тепла от старения котлов, %			
- КПД брутто, %:			
- котлов			
- группы котлов			
Количества израсходованного натурального топлива, т:			
- котлом			
- группой котлов			
Номинальное значение удельного расхода электроэнергии на тягу и дутье, кВтч/ Гкал			
Затраты электроэнергии на тягу и дутье, тыс.кВтч			
- котла			
- группы котлов			
Номинальное значение удельного расхода электроэнергии на пылеприготовление, кВтч/т.топл			
Затраты электроэнергии на пылеприготовление, тыс.кВтч:			
- котла			
- группы котлов			
Номинальное значение удельного расхода электроэнергии на ПЭНы группы котлов, кВтч/т.п.в.			
Затраты электроэнергии на ПЭНы группы котлов, тыс.кВтч			
Затраты электроэнергии на приготовление обессоленной воды, идущей на восполнение потерь пара и конденсата, тыс.кВтч			
Затраты электроэнергии на "прочие" механизмы СН группы котлов, тыс.кВтч			
Затраты электроэнергии на пуски котлов по диспетчерскому графику, тыс.кВтч			

Номинальное значение расхода электроэнергии на собственные нужды группы котлов, тыс.кВтч			
Номинальное значение расходов тепла на собственные нужды:			
- индивидуальных, Гкал/ч			
- на отопление, Гкал/ч			
- на отопление зданий 2-й категории			
расход тепла на размораживающее устройство			
- на потери ХВО, готовящей обессоленную воду для восполнения внутристанционных потерь, Гкал/ч			
- на калориферы			
На мазутное хозяйство, Гкал: при сливе мазута			
- при подогреве мазута в подогревателях			
- при транспортировке мазута по трубопроводам			
-при хранение мазута			
-при поддержании мазутонасосной в резерве			
- при поддержании сливного устройства в резерве			
- при транспортировке пара на мазутное хозяйство			
Нормативный расход тепла на собственные нужды мазутного хозяйства			
- на пуски по диспетчерскому графику, Гкал			
Номинальное значение расхода тепла на собственные нужды группы котлов:			
- абсолютное, Гкал			
- относительное, %			

### Лабораторная работа № 3

Тема: Анализ режима работы турбин ПТ 60-130/13 и Т 100-130 Благовещенской ТЭЦ. Изучение режимных карт и нормативных характеристик турбин. Определение основных показателей турбин при рабочей нагрузке. (4 часа)

Цель работы: Изучение щитов управления турбин, изучение режимных карт и нормативных характеристик турбин, изучение обязанностей дежурного персонала по обслуживанию турбин, определение основных показателей турбин при рабочей нагрузке по штатным приборам, анализ показателей работы.

#### Выполнение работы.

В турбинном цехе установлены турбоагрегаты типа ПТ-60-130/13 ст. 1 и Т-110/120-130-4 ст. 2, 3 с параметрами свежего пара  $P_0=130 \text{ кгс/см}^2$ ,  $t_0=555^\circ\text{C}$ . Схема технического водоснабжения - обратная (с 3— градирнями пленочного типа площадью орошения по  $1600 \text{ м}^2$  каждая и баком-аккумулятором тех. воды емкостью  $10000 \text{ м}^3$ ).



Теплоподготовительная установка состоит:

- из основных бойлеров турбины ПТ-60-130/13 типа ПСВ-500-3-23-2шт., типа ПСВ-315-3-23 -2шт.;
- из бойлеров турбин Т-110/120-130-4 типа ПСГ-2300-2-8-1 - 2шт. и ПСГ-2300-3-8-Н -2шт.;
- пиковых бойлеров ст.№№1,3,4,5 типа ПСВ-500-14-23, ст.№2 - ПСВ-315-14-23.

Для резервирования П-отбора турбин установлены БРОУ 140/12 кгс/см<sup>2</sup>.

При выполнении работы необходимо:

1. Изучить щит управления турбин
2. Ознакомиться с нормальными, пусковыми и аварийными режимами работы турбин, а также с обязанностями и действиями дежурного персонала при каждом режиме.
3. Изучить каким образом определяются основные показатели турбин при рабочей нагрузке по штатным приборам.
4. Изучить режимные карты и нормативные характеристики турбин, основные нормативные документы, на основании которых составляются отчеты по работе турбин.
5. По данным учета и отчетным данным произвести расчет показателей турбин.
6. Отчет по работе должен содержать:
  - краткую характеристику турбинной установки
  - расчет номинальных и нормативных показателей турбоагрегатов (результаты расчета должны быть оформлены в виде таблицы, если необходимо – в виде графиков)
  - вывод по работе

Пример выполнения задания

Показатель, единица измерения	Обозначение	Способ определения	значение
Выработка электроэнергии, тыс.кВтч:			
- турбоагрегатом			
- группой турбоагрегатов			
Выработка электроэнергии турбиной (тыс.кВтч) в режимах:			
- конденсационном			
- с ПТ-отбором			
- с Т-отбором 1 ст.			
- с Т-отбором 2 ст.			
Число часов работы, ч			
- турбоагрегата			
- группы турбоагрегатов			
Число часов работы турбоагрегата в режимах:			
- конденсационном			
- с ПТ-отбором			

- с Т-отбором 1 ст.			
- с Т-отбором 2 ст.			
Отпуск тепла внешним потребителям группой оборудования, Гкал:			
- всего			
- с горячей водой			
- отработавшим паром			
- РОУ			
Отпуск тепла внешним потребителям и на собственные нужды из П-отбора турбины в режиме ПТ, Гкал			
Отпуск тепла из П-отборов группы турбоагрегатов в режиме ПТ, Гкал			
Отпуск тепла внешним потребителям и на собственные нужды из Т-отбора турбины, Гкал			
Количество пусков турбоагрегатов по диспетчерскому графику			
Продолжительность работы турбоагрегата от даты составления энергетической характеристики, ч			
Расход сетевой воды, т:			
- через ПСГ турбин			
- общий			
Температура сетевой воды, °С:			
- на входе в ПСГ при режимах:			
- с Т-отбором 1 ст.			
- с Т-отбором 2 ст.			
- на выходе из ПСГ при режимах:			
- с Т-отбором 1 ст.			
- с Т-отбором 2 ст.			
Расход конденсата ПСВ, т:			
- турбоагрегата			
- общий			
Расход исходной воды (обес. уст.), т			
Расход химобесоленной воды, т			
Расход подпиточной воды теплосети, т			
Величина невозврата конденсата от потребителей, т			
Добавок химобесоленной воды на восполнение внутростанционных потерь пара и конденсата, т			
Температура охлаждающей воды на входе в конденсаторы турбин, °С			
Температура охлаждающей воды на выходе из конденсаторов турбин, °С			
Погодные условия:			
- температура наружного воздуха, °С			
- влажность воздуха, %			
Температура исходной воды, °С			
Расход питательной воды через ПВД, т			
Средний отпуск тепла внешним потребителям, Гкал/ч			

Средняя тепловая нагрузка П-отбора (в режиме ПТ), Гкал/ч :			
- турбоагрегата			
- группы турбоагрегатов			
Средняя тепловая нагрузка Т-отбора в режиме ПТ, Гкал/ч :			
- турбоагрегата			
- с Т-отбором 1 ст.			
- с Т-отбором 2 ст.			
- группы турбоагрегатов			
Средняя электрическая нагрузка, МВт:			
- турбоагрегата			
- группы турбоагрегатов			
Средняя электрическая нагрузка, МВт, в режимах:			
- конденсационном			
- с ПТ-отбором			
- с Т-отбором 1 ст.			
- с Т-отбором 2 ст.			
Исходно-номинальное значение расхода свежего пара, т/ч			
- конденсационном			
- с ПТ-отбором			
- с Т-отбором 1 ст.			
- с Т-отбором 2 ст.			
- среднее по турбоагрегату			
Исходно-номинальное значение расхода пара на входе в ЧНД, т/ч			
- конденсационном			
- с ПТ-отбором			
- с Т-отбором 1 ст.			
- с Т-отбором 2 ст.			
- среднее по турбоагрегату			
Средний расход пара в конденсатор, т\ч			
Средний расход охлаждающей воды, т\ч:			
- через конденсатор турбоагрегата			
- через охладители электродвигателей ПЭНов			
- на охлаждение подшипников			
- через газоохладители генераторов и возбuditелей			
Расход охлаждающей воды, проходящей циркуляционные насосы, т\ч:			
Удельная тепловая нагрузка градирен			
Номинальное значение температуры охлаждающей воды после градирни, °С			
Номинальное значение давления отработавшего пара, Гс/см <sup>2</sup>			
Номинальное значение давления пара в отборах, кгс/см <sup>2</sup>			
- П-отборе			
- Т-отборе.			
- Т-отборе 1 ст.			
- Т-отборе 2 ст.			

Исходно-номинальное значение удельного расхода тепла брутто на турбоагрегат, ккал/кВтч в режимах:			
- конденсационном			
- с ПТ-отбором			
- с Т-отбором 1 ст.			
- с Т-отбором 2 ст.			
Поправки на отклонение значений внешних факторов от принятых при построении исходнономинальных зависимостей, ккал/кВтч:			
- давления отработавшего пара:			
- конденсационный режим			
- с ПТ-отбором			
- с Т-отбором 1 ст.			
- с Т-отбором 2 ст.			
- давления пара в П-отборе			
- давления пара в Т-отборе			
- температуры обратной сетевой воды			
- расхода питательной воды (фактического):			
- конденсационный режим			
- режим с ПТ-отбором			
- режим с Т-отбором			
- отработанного ресурса времени			
- количества пусков по диспетчерскому графику			
Номинальное значение удельного расхода тепла брутто, ккал/кВтч при работе в режимах.:			
- конденсационном			
- с ПТ-отбором			
- с Т-отбором 1 ст.			
- с Т-отбором 2 ст.			
Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу, кВтч/Гкал:			
- с ПТ-отбором			
- с Т-отбором 1ст.			
- с Т-отбором 2ст.			
Поправка на отклонение значения давления пара Т-отбора в режиме-ПТ, ккал/кВтч			
Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу, кВтч/Гкал:			
Номинальное значение выработки электроэнергии по теплофикационному циклу, тыс.кВтч:			
- турбоагрегатом			
- группой турбоагрегатов			
Номинальное значение мощности, развиваемой по конденсационному циклу, МВт			
- турбоагрегатом			
- группой турбоагрегатов			

Мощность, затрачиваемая на собственные нужды группы турбоагрегатов, кВт:			
- мощность циркуляционных насосов			
- мощность конденсатных насосов			
- мощность "прочих" нужд			
Затраты электроэнергии на пуски турбоагрегатов по диспетчерскому графику, тыс.кВтч			
Номинальное значение расхода электроэнергии на собственные нужды группы турбоагрегатов:			
- тыс.кВтч			
- %			
Номинальное относительное значение расхода электроэнергии на циркуляционные насосы, %			
Расход тепла на отопление группы турбоагрегатов, Гкал/ч			
Расход тепла на вентиляцию группы турбоагрегатов, Гкал/ч			
Затраты тепла на пуски турбоагрегатов по дисп. графику, Гкал:			
Номинальный расход тепла на собственные нужды группы турбоагрегатов, %			
Номинальное значение удельного расхода тепла нетто по группе турбоагрегатов, ккал/кВтч			
Исходно-номинальное значение удельного расхода тепла брутто турбоагрегата, ккал/кВтч для фактических $N_{тн}$ и $Q_{тн}=0$ в режиме:			
- Т-отбор 1ст.			
- Т-отбор 2ст.			
Исходно-номинальное значение удельного расхода тепла брутто на турбоагрегат, ккал/кВтч для фактических $N_{тн}$ , $Q_{тн}$ и $Q_{пн}=0$ в режиме ПТ			
Исходно-номинальное значение удельного расхода тепла брутто на турбоагрегат, ккал/кВтч для фактических $N_{тн}$ ( $Q_{тн}=0$ и $Q_{пн}=0$ ) в режиме ПТ			
Увеличение расхода тепла на производство электроэнергии при условном отсутствии отпуска тепла внешним потребителям, Гкал:			
- в режиме ПТ			
- из Т-отборов			
Коэффициент увеличения расхода тепла на производство электроэнергии при условном отсутствии отпуска тепла внешним потребителям из отборов турбоагрегатов			

## 5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

### 5.1. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Самостоятельная работа предусматривает:

- подготовку студентов к аудиторным лекционным, практическим 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.

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

## 5.2. График самостоятельной работы студентов

№	Содержание	Объем в часах	Формы контроля
1	2	3	4
1	Подготовка к лекционным и практическим занятиям Домашнее задание № 1	3 4	Защита домашнего задания
2	Подготовка к лекционным занятиям	3	Блиц-опрос на лекции
3	Подготовка к лекционным занятиям	3	Блиц-опрос на лекции
4	Подготовка к лекционным и практическим занятиям Домашнее задание № 2	10 4	Защита домашнего задания
5	Подготовка к лекционным и практическим занятиям Домашнее задание № 3	10 4	Защита домашнего задания
6	Подготовка к лекционным и лабораторным занятиям	11	Защита лабораторной работы
7	Подготовка к лекционным и лабораторным занятиям	10	Защита лабораторной работы
8	Подготовка к лекционным занятиям	9	Блиц-опрос на лекции
9	Подготовка к лекционным, лабораторным и практическим занятиям Домашнее задание № 4	11 4	Защита лабораторной работы. Защита домашнего задания
10	Подготовка к лекционным занятиям	9	Блиц-опрос на лекции

## 5.3. Методические указания по выполнению домашних заданий

Домашние задания выполняются в отдельной тетради или на листах формата А4 (каждое задание оформляется отдельно). Задания для расчета и исход-

ные данные приведены ниже. Исходные данные выбираются из таблицы согласно варианту.

При выполнении домашнего задания следует записать краткое условие и произвести перевод исходных данных в систему СИ. Решение задач должно сопровождаться краткими пояснениями и подробными вычислениями. Необходимо привести соответствующую формулу, выразить из уравнения неизвестную величину (в буквенном выражении), затем подставить числовые значения и найти ответ. Для каждой найденной величины нужно указать единицу измерения (в системе СИ). Если при решении задач какая-либо величина является справочной или определяется по диаграмме, следует привести источник, откуда она взята (с указанием автора, названия, года издания и страницы).

#### 5.4. Комплекты заданий для домашних расчетных работ

##### Домашнее задание № 1

##### "Графики нагрузок и режимы работы электростанций "

В соответствии с суточным зимним и летним графиками электрической нагрузки ТЭС построить годовой график нагрузки без учета выходных дней в зависимости от продолжительности летнего и зимнего периодов. Определить коэффициенты неравномерности и плотности графиков нагрузки, максимальную нагрузку ТЭС и показатели режимов ее работы: количество выработанной электрической энергии в год, среднюю нагрузку ТЭС, установленную мощность электростанции, коэффициент установленной мощности, коэффициенты нагрузки и резерва, число часов использования установленной мощности и максимума нагрузки. Исходные данные к задаче и состав оборудования ТЭС приведены в таблице:

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Состав турбоагрегатов $n \times N_T$	3x100	2x100	4x100	1x50 2x100	2x200	1x100 2x200	1x50 2x150	1x210 2x150	1x200 1x300
Продолжительность сезонов									
Летнего	120	130	150	145	140	155	160	165	125
Зимнего	245	235	215	220	225	210	205	200	24

##### Домашнее задание № 2

##### "Работа основного и вспомогательного оборудования в переходных режимах и на частичных нагрузках "

Определить, в соответствии с заданием, какой способ прохождения ночного снижения электрической нагрузки суточного графика: остановочно-пусковой режим работы или режим частичных нагрузок целесообразнее использовать для

ТЭС. Показателем при сравнении способов принять дополнительный расход топлива на ТЭС.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8
Установленная мощность $N_{ТЭС}$	600	600	800	800	900	900	1000	1000
Состав турбоагрегатов $n \times N_T$	2x100 2x200	4x150 1x300	2x100 3x200	4x100 2x200	2x150 2x300	3x200 1x300	2x100 4x200	4x100 2x300
Снижение мощности ТЭС $\Delta N$	200	300	250	400	300	250	400	350
Продолжительность простоя турбин $\tau$	5	6	7	8	8	6	6	7

### Домашнее задание № 3 "Способы вывода оборудования в резерв "

Определить целесообразность отключения конденсационных паротурбинных установок, которые несут пониженные нагрузки на период ночного уменьшения вырабатываемой электрической мощности в соответствии с суточным графиком, или оставления их в работе, но взамен этого отключения теплофикационных турбин, работающих по тепловому графику, на величину мощности останавливаемых конденсационных турбин. Продолжительность простоя турбин принять по вариантам. Удельный расход топлива на ТЭС на теплофикационную выработку 0,17 кг/кВт\*ч.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8
Мощность т/а	100	200	300	150	2x100	2x200	150	300
Диапазон снижения мощности	60	100	160	80	100	200	80	160
Продолжительность снижения $\tau$	6	7	8	5	6	8	7	7

### Домашнее задание № 4 "Особенности эксплуатации ТЭС "

Используя энергетические характеристики турбин определить ее мощность на тепловом потреблении и расход теплоты на турбину при заданном отпуске теплоты. Оценить влияние изменения давления пара в отборах на величину теплофикационной выработки электрической мощности и расхода теплоты на турбоагрегат.

## 6. МАТЕРИАЛЫ ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ

### 6.1. 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 в рамках учебной программы для энергетических специальностей вузов.

Предусмотрены следующие виды контроля знаний студентов:

### ***Входной контроль***

Входной контроль по дисциплине представляет собой задания, позволяющие оценить знание понятий, определений и закономерностей, используемых в данной дисциплине и изучаемых ранее в других курсах, т.е. подготовленность студентов для освоения данной дисциплины.

### ***Межсессионный контроль***

Межсессионный контроль включает теоретические задания по изучаемым темам, выполнение проверочных работ, выполнение домашних расчетных заданий и защиту лабораторных работ. Текущий контроль осуществляется систематически в течение семестра, 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 пятибалльной системе. Опрос студентов осуществляется в письменно-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 решения задачи дается 40 мин.

### ***Контроль остаточных знаний***

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

## **6.2. Критерии оценки знаний студентов**

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

Знания оцениваются по четырехбалльной 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***

Межсессионный контроль предусматривает выполнение самостоятельных работ по основным темам дисциплины и устные ответы на занятиях.

### ***Экзаменационный контроль***

Итоговая аттестация по дисциплине включает рейтингово-модульную систему оценки знаний студентов в следующем соотношении: промежуточный контроль знаний студентов составляет 30 %, остальные 70 % определяются результатами итогового экзамена.

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

Оценка *«отлично»* ставится в случае правильных и полных ответов на оба теоретические вопросы билета и правильного решения задачи.

Оценка *«хорошо»* ставится в случае:

- правильного, но 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:

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

- неверного ответа (отсутствия ответа) на один из теоретических вопросов билета; решения задачи после незначительной помощи преподавателя;

- правильных и полных ответов на оба теоретических вопроса билета; неверного решения задачи (не справился с задачей после помощи преподавателя).

Оценка *«неудовлетворительно»* ставится в случае:

- неверных ответов (отсутствия ответов) на оба теоретических вопроса билета;

- неверного ответа (отсутствия ответов) на один из теоретических вопросов билета и неверного решения задачи.

## **6.3. Задания для проверки знаний**

### *По теме 1*

1. Виды потребляемой энергии. Баланс мощности и энергии.
2. Эксплуатационные свойства электростанций и требования, предъявляемые к

ним со стороны энергосистем.

3. Графики электрических нагрузок и их основные показатели
4. Основные пути выравнивания графиков электрической нагрузки.
5. Классификация электростанции в соответствии с условиями работы в графике электрических нагрузок.
6. Резервы мощности электростанций.

#### *По теме 4*

1. Энергетическая характеристика турбины; ее аналитическое выражение и графическое представление.
2. Диаграмма режимов для турбин с теплофикационным отбором пара.
3. Диаграммы режимов для турбин с промышленным и теплофикационным отбором.
4. Назначение энергетических характеристик турбин с отбором пара; методы их построения.
5. Основные типы характерных режимов теплофикационных турбин.
6. Характеристики основных и относительных показателей оборудования ТЭС.
7. Характеристика дифференциальных показателей оборудования ТЭС.
8. Стационарные и переходные режимы работы котла, общие определения и характеристики.
9. Статические характеристики изменения нагрузки котла.
10. Статические характеристики изменения температуры питательной воды для котла.
11. Статические характеристики изменения качества топлива для котла.
12. Влияние начальных и конечных параметров пара на надежность работы турбоустановки.
13. Влияние начальных и конечных параметров пара на экономические характеристики турбины.
14. Факторы повышения надежности работы котлов.

#### *По теме 6*

1. Маневренность тепловой электростанции и требования к основному оборудованию ТЭС по повышенной его маневренности.
2. Маневренные характеристики ТЭС.
3. Режимные функции энергооборудования при участии в регулировании графиков электрической нагрузки.
4. Основные факторы, определяющие маневренность ТЭС.
5. Остановочно-пусковой режим работы энергооборудования и проблемы его реализации.
6. Режим частичных (минимальных) нагрузок энергооборудования ТЭС и проблемы его реализации.
7. Моторный режим работы паротурбинных установок и проблемы его реализа-

ции.

8. Аккумулирующая способность котлов, её составляющие и использование для повышения мобильности ТЭС.
9. Показатели мобильности энергоустановок ТЭС.
10. Требования к маневренности ТЭС.
11. Требования к маневренности энергооборудования ТЭС.
12. Роль атомных электростанций в структуре энергосистем.
13. Работа электростанций и оценка их влияния на окружающую среду.

#### *По теме 9*

1. Структура тепловых нагрузок и режимные показатели отпуска тепла от ТЭЦ.
2. Факторы, определяющие эффективность ступенчатого подогрева сетевой воды.
3. Маневренные характеристики паротурбинных установок ТЭЦ при участии в регулировании графика электрической нагрузки.
4. Режимы работы турбин с регулируемыми отборами пара по графику тепловой нагрузки.
5. Режимы работы турбин с двумя теплофикационными отборами.

#### ***Экзаменационный контроль***

##### Вопросы к экзамену

1. Графики электрических нагрузок энергосистем, электростанций, энергоблоков в суточном, сезонном и годовом аспектах времени.
2. Режимы эксплуатации энергоблоков КЭС, ТЭЦ, АЭС и других типов электростанций.
3. Структура управления внутри электростанций и в энергосистеме. Диспетчерские службы.
4. Режимные карты оборудования и энергоблока, нормативные характеристики, поправки к ним.
5. Режимы стационарной работы котлов, пути обеспечения оптимальных условий эксплуатации, способы регулирования температуры перегрева пара, их сравнительная эффективность.
6. Совместное сжигание различных видов топлива. Занос поверхностей котла, их очистка. Нарушения условий нормальной эксплуатации котла.
7. Эксплуатация конденсационных турбин под нагрузкой, влияние отклонений начальной температуры и давления пара на экономичность, надежность турбины.
8. Возможные нарушения режима работы турбины. Занос проточной части турбины. Основные причины заноса. Способы борьбы с отложениями и методы очистки проточной части.

9. Обеспечение оптимальных условий эксплуатации основного и вспомогательного оборудования на частичных нагрузках, ограничения по параметрам, возможные аварийные ситуации, их ликвидация.

10. Регулировочный диапазон оборудования, технический минимум, маневренные характеристики

11. Эффективность работы оборудования и энергоблока на частичных нагрузках.

12. Влияние способа парораспределения и регулирования начальных параметров на эффективность работы паровой турбины.

13. Энергетические характеристики при постоянном и скользящем начальном давлении пара.

14. Затраты и потери топлива на этапах разгрузки, нагружения, нахождения в состоянии резерва, в переходных и нестационарных режимах.

15. Особенности расчета затрат топлива в переходных режимах.

16. Работа вспомогательного оборудования котла и турбины в нормальных условиях, контроль за их работой, аварийное отключение, отказы в работе.

17. Изменение режимов работы вспомогательного оборудования в зависимости от уровня мощности. Условия переключений и отключений по уровню мощности.

18. Загрязнение конденсатора. Способы очистки. Влияние загрязнений конденсатора на экономичность блока.

19. Способы резервирования энергоблоков.

20. Остановочно-пусковые режимы. Пусковые схемы блоков с барабанными и прямоточными котлами. Графики останова и пуска из различных тепловых состояний.

21. Перевод энергоблоков в малопаровые режимы. Обеспечение оптимальных условий эксплуатации оборудования энергоблоков в малопаровых режимах.

22. Температурные напряжения в элементах энергоблоков в разгрузке и остановочно-пусковых режимах. Допустимые и оптимальные скорости изменения нагрузки при остановках, пусках, нагружении, при сбросах и набросах нагрузки.

23. Методы оптимального распределения нагрузки между параллельно работающими агрегатами в пределах станции (ТЭС, АЭС) при однотипном и разнотипном оборудовании.

24. Выбор и оптимизация состава генерирующего оборудования при прохождении провалов нагрузки при однотипном и разнотипном составе оборудования. Учет факторов надежности при выборе состава генерирующего оборудования.

25. Мобильность энергоблоков, участие их в регулировании частоты в энергосистеме.

26. Сброс и подхват нагрузки. Использование аккумулирующей способности котла для подхвата нагрузки

27. Способы получения дополнительной мощности на конденсационных энергоблоках за счет режимных мероприятий (форсирование котла, отключение ПВД).
28. Выравнивание графиков нагрузки энергосистем и электростанций за счет использования аккумуляторов тепла и ГАЭС.
29. Масляная система турбоагрегата, основные схемы и характеристики маслосистемы современных энергоблоков.
30. Аварийные ситуации и системы защит, используемых в маслосистемах. Правила и нормы их эксплуатации.
31. Системы технического водоснабжения, их типы и характеристики, основные требования и условия эксплуатации.
32. Системы топливоснабжения, их типы и характеристики. Правила и нормы эксплуатации систем топливоснабжения.
33. Системы гидрозолоудаления. Основные типы и их характеристики. Правила и нормы их технической эксплуатации.
34. Особенности эксплуатации оборудования ТЭЦ, графики тепловых нагрузок, диаграммы режимов, их использование в процессе эксплуатации.
35. Влияние режима работы теплосети на эксплуатационные режимы теплофикационных агрегатов.
36. Участие теплофикационных агрегатов различного типа в регулировании графиков тепловой и электрической нагрузок.
37. Эксплуатация ЦНД теплофикационных турбин при работе их с полностью закрытой диафрагмой.
38. Способы получения дополнительной электрической нагрузки на теплофикационных агрегатах, области их применения, сравнительная эффективность.
39. Надежность работы оборудования ТЭЦ в режимах с повышенной нагрузкой.
40. Эффективность работы теплофикационных турбин в режимах регулирования.
41. Способы разделения затрат тепла и топлива на выработку тепловой и электрической энергий. Определение затрат тепла или топлива за сутки, месяц, год.
42. Особенности внутростанционной оптимизации режимов работы оборудования. Графики нагрузок ТЭЦ.
43. Аварийные режимы котлов.
44. Аварийные режимы турбин.
45. Аварийные ситуации на вспомогательном оборудовании.
46. Работа элементов энергоблоков при различных аварийных ситуациях.
47. Методика проведения испытаний оборудования энергоблока.

## **7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### Основная литература

1. Стерман Г.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Т. Тепловые и атомные электрические станции. Учебник для вузов. – М.: Изд-во МЭИ, 2000 – 405 с.
2. Тепловые и атомные электростанции. / Под. общ. ред. А.В. Клименко. М.: Изд-во МЭИ, 2003 – 648 с.
3. Проектирование монтаж и эксплуатация автоматизированных систем управления теплоэнергетическими процессами. / Плетнев Г.П. Учебник. – М.: Изд-во МЭИ, 1995 – 316 с.
4. Филиппова Т.А. Энергетические режимы электрических станций и электрических систем. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005 – 298 с.

### Дополнительная литература

5. Гиршфельд В.Я., Князев А.М., Куликов В.Е. Режимы работы и эксплуатации ТЭС. Учебник для вузов.-М.:Энергия.-1980.-288 с.

### Материально-техническое обеспечение дисциплины

Действующее оборудование Благовещенской ТЭЦ, используемое для проведения лабораторных работ.

## Содержание

Аннотация	3
1. Цели и задачи дисциплины, ее связь с другими курсами специальности	4
2. Краткий конспект лекций	5
3. Практические занятия	
3.1. Методические рекомендации по проведению практических занятий	8
3.2. Перечень тем практических занятий (с указанием объема в часах)	9
3.3. План проведения практического занятия	9
4. Лабораторные работы	
4.1. Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий	9 10
4.2. Перечень тем лабораторных занятий (с указанием объема в часах)	11
4.3. Методические указания по выполнению лабораторных работ	
5. Самостоятельная работа студентов	
5.1. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы	22
5.2. График самостоятельной работы студентов	22
5.3. Методические указания по выполнению домашних заданий	23
5.4. Комплекты заданий для домашних расчетных работ	23
6. Материалы по контролю качества образования	
6.1. Методические указания по организации контроля знаний студентов	25 26
6.2. Критерии оценки знаний студентов	27
6.3. Задания для проверки знаний	
7. Список рекомендуемой литературы	31