



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
**Государственное образовательное учреждение**  
**высшего профессионального образования**  
**«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан ТЭФ

Кузнецов Г.В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2009 г.

**НАДЕЖНОСТЬ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Рабочая программа для специальности 140101 «Тепловые электрические станции»

Факультет - Теплоэнергетический (ТЭФ)

Обеспечивающая кафедра - Атомных и тепловых электростанций (АТЭС)

Курс – 5

Семестр – 9

Учебный план набора 2005 года

**Распределение учебного времени**

	<b>9</b>	
Лекции	36	часа (ауд.)
Практические занятия	18	часов (ауд.)
<b>Всего аудиторных занятий</b>	<b>54</b>	<b>часов</b>
Самостоятельная (внеаудиторная) работа	108	часов
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>162</b>	<b>часа</b>
Зачет	9 семестр	



## Предисловие

1. Рабочая программа составлена на основе ОС по специальности 140101 (100500) «Тепловые электрические станции» № 209 тех/дс, утвержденного Министерством образования РФ 27.03.2000.  
РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании обеспечивающей кафедры АТЭС  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2009 г. протокол № \_\_\_\_\_
2. Разработчик: профессор кафедры АТЭС \_\_\_\_\_ В.В. Литвак
3. Зав. обеспечивающей кафедрой \_\_\_\_\_ Л.А. Беляев
4. Рабочая программа СООТВЕТСТВУЕТ действующему плану.

Зав. выпускающей кафедрой \_\_\_\_\_ Л.А. Беляев



## НАДЕЖНОСТЬ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

140101(100500)(с)

Каф. АТЭС ТЭФ

Профессор, д.т.н. Литвак Валерий Владимирович

Тел. (3822) 564-410, e-mail: [savost@tpu.ru](mailto:savost@tpu.ru)

**Цель:** Знание способов оценки и средств обеспечения надежности работы оборудования различных теплоэнергетических комплексов и систем. Содержательно знания включают в себя большой круг теоретических, практических и организационных вопросов, относящихся к проектированию и эксплуатации тепловых электрических станций.

**Содержание:** Показатели надёжности, классификация отказов: вероятностные методы, используемые в теории надежности энергооборудования; расчёт количественных показателей надёжности; методы оценки эксплуатационной надёжности теплоэнергетического оборудования; диагностика отказов и аварийных состояний; обеспечение надёжности оборудования при проектировании и эксплуатации; обеспечение надёжности действующих ТЭС; безопасность и живучесть объектов энергетики.

Курс 5 (9 сем. – зачет).

Всего 162 ч, в т.ч.: Лк.- 36 ч, Пр.- 18 ч.



## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цель преподавания дисциплины

Дисциплина «Надежность теплоэнергетического оборудования» является завершающей при подготовке специалистов-теплоэнергетиков в Образовательном стандарте по специальности 140101 (100500) – «Тепловые электрические станции».

Обеспечение надежности работы оборудования теплоэнергетических систем является необходимым условием развития производства и поддержания нормальной жизнедеятельности населения. Проблема надежности включает в себя большой круг теоретических, практических и организационных вопросов, относящихся к проектированию, производству и эксплуатации тепловых электростанций. В дисциплине «Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС» выделяются следующие основные вопросы, представляющие интерес для ее изучения: математический аппарат теории надежности; количественные критерии (параметры) надежности элементов и систем; методы инженерного обеспечения расчетов и оценки надежности оборудования; анализ факторов, влияющих на надежность и методы ее повышения; организационно-технические, экономические, экологические аспекты реализации надежности, связь надежности, живучести и безопасности.

### 1.2. Задачи изложения и изучения дисциплины

После изучения данной дисциплины студент должен:

***иметь представление:***

- о связи курса с другими дисциплинами;
- о роли курса в практической деятельности специалиста;
- о процессах в основном и вспомогательном оборудовании энергетических установок;

***знать:***

- основные понятия, определения и положения теории надежности ТЭС и их элементов;
- основы математической статистики и теории вероятности, математические методы оценки и расчета показателей надежности теплоэнергетического оборудования;
- общие принципы расчета надежности структурных схем ТЭС;
- методы обеспечения надежности оборудования при проектировании, изготовлении и эксплуатации;
- основные нормативные документы по обеспечению надежности ТЭС,



***уметь:***

- анализировать факторы, в т.ч. отказы, влияющие на показатели надежности теплоэнергетического оборудования ТЭС;
- рассчитывать показатели надежности при проектировании и по результатам эксплуатации;
- использовать методы и нормативно-техническую документацию для оценки показателей надежности;
- использовать методы и способы повышения надежности;
- оценивать эксплуатационную надежность теплоэнергетического оборудования, работающего в маневренных режимах;
- ставить и решать задачи по эксплуатационной надежности теплоэнергетического оборудования;
- проводить необходимые тепло-, гидро-, механические расчеты и измерения для обоснования режимов эксплуатации, обеспечивающих надежность, безопасность, экономичность работы оборудования ТЭС, а также необходимую экологическую обстановку;
- разрабатывать и вести соответствующую организационную, методическую и техническую документацию.

***иметь опыт:***

- работы со справочной литературой и нормативно–техническими материалами.

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

Данная дисциплина основывается на знании ранее освоенных дисциплин:

- «Высшая математика»,
- «Теоретические основы теплотехники»,
- «Гидрогазодинамика»,
- «Котельные установки и парогенераторы»,
- «Турбины тепловых и атомных электрических станций»,
- «Управление, сертификация и инноватика» и др.



## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Содержание теоретической части - 36 часов аудиторных занятий

#### ВВЕДЕНИЕ

2 часа

Особенности технологических процессов ТЭС. Схемные решения, основное и вспомогательное оборудование. Условия работы оборудования ТЭС. Современное состояние и перспективы развития энергетики на органическом топливе, показатели технического использования современных энергоблоков. Место и задачи изучения дисциплины в подготовке специалистов.

#### ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ. КЛАССИФИКАЦИЯ ОТКАЗОВ

2 часа

Основные понятия и определения (надежность, безотказность, ремонтпригодность, долговечность оборудования, качество, живучесть, безопасность), используемые при оценке надежности теплоэнергетического оборудования ТЭС. Типы отказов (внезапные и постепенные; явные и неявные; независимые и зависимые; полные и частичные; устойчивые, временные, перемежающиеся; расстройки, повреждения, аварии).

#### ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МЕТОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ

6 часов

Элементы теории вероятностей. Непрерывные и дискретные случайные величины. События достоверные, невозможные, несовместимые, зависимые и независимые. Частота события, вероятность. Теоремы сложения и умножения вероятностей, полной вероятности, теорема гипотез.

Функция распределения случайной величины, плотность вероятности, кривая распределения и гистограмма. Понятие момента. Моменты начальные и центральные. Математическое ожидание дискретной и непрерывной случайной величины. Среднеарифметическое, мода, медиана, дисперсия, среднеквадратичное отклонение.

Законы распределения случайных величин. Биномиальное распределение, распределение Пуассона. Нормальный закон распределения (закон Гаусса). Экспоненциальное распределение. Распределение Вейбулла.



## РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

### 8 часов

Количественные показатели надежности для неремонтируемых объектов, наработка до отказа, вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, частота отказов. Использование законов распределения случайных величин. Статистические данные по отказам энергетического оборудования; отказы в работе турбин, котлоагрегатов, вспомогательного оборудования и систем регулирования. Показатели надежности ремонтируемых, восстанавливаемых в процессе применения объектов: параметр потока отказов, функция надежности, коэффициент готовности, оперативная готовность, коэффициент технического использования, коэффициент использования установленной мощности, технический ресурс. Показатели надежности блоков ТЭС, анализ статистики аварий и неисправностей на энергоблоках ТЭС.

Количественная оценка надежности тепловых электрических станций как структурно сложных систем. Эмпирический путь, структурный анализ надежности. Цели и задачи, последовательность анализа. Прогнозирование надежности; задачи, возможные способы, организация работы по прогнозированию надежности. Параллельное и последовательное соединение элементов. Расчет надежности систем сложных структур. Методы минимальных путей и сечений. Марковская модель структурно-сложных систем.

Динамика изменения надежности ТЭС в процессе эксплуатации. Влияние технического обслуживания на надежность ТЭС. Организация профилактических осмотров, проверок, ремонта и замены элементов. Совершенствование систем контроля и управления.

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

4 часа

Методы оценки эксплуатационной надежности тепломеханического оборудования. Статистические методы обработки информации о надежности оборудования. Проверка правдоподобия гипотез распределения и доверительная вероятность результата. Информационное обеспечение для расчета показателей надежности энергетического оборудования.



## ДИАГНОСТИКА НАРУШЕНИЙ И АВАРИЙНЫХ СОСТОЯНИЙ 2 часа

Методы диагностики, классификация методов. Функциональное и тестовое диагностирование. Физические методы диагностирования.

Контрольные карты процессов. Дерево аварий, таблицы решений и аварийных сочетаний.

Диагностика отказов, инцидентов и нарушений работы объектов, микропроцессорные системы защиты от аварий.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ИЗГОТОВЛЕНИИ 4 часа

Проектирование и выбор показателей надежности. Нормативная база. Обеспечение надежности оборудования и систем на стадиях проектирования и изготовления: выбор схемных решений, резервирование, выбор конструктивных материалов и способов контроля, повышение степени заводской готовности, современные методы контроля качества, современные технологии. Нормы технологического проектирования электростанций.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ТЭС 4 часа

Техническое обслуживание и ремонт оборудования. План ППР и диагностирование оборудования. Модернизация и реконструкция. Техническое перевооружение. Совершенствование режимов работы и уровня эксплуатации. Система подготовки кадров. Правила технической эксплуатации электростанций и сетей.

## БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ 4 часа

Принципы и критерии безопасности. Безопасность в аварийных ситуациях. Методы анализа и обоснования безопасности.

Барьеры безопасности ТЭС. Предотвращение аварий на ТЭС. Аварийные процессы на станциях различных типов. Системы безопасности. Аварии, их учет и расследование. Противоаварийные тренировки персонала. Опыт аварий и инцидентов.





## 2.2. Содержание практического раздела

### *Тематика практических занятий (9 семестр) – 18 часов аудиторных занятий*

Практические занятия посвящены приобретению умений и навыков решения задач по основным разделам курса, а также умения анализировать полученные результаты. Тематика практических занятий:

- Задачи на определение вероятностей событий в общей постановке. Зависимые и независимые события. (2 часа).
- Расчет вероятностей, частоты и интенсивности отказов неремонтируемого оборудования. (2 часа).
- Расчет числовых характеристик распределений аварийности резервируемых объектов. (2 часа).
- Расчет основных характеристик надежности тепломеханического оборудования ТЭС: коэффициент вынужденного простоя, среднее время восстановления, коэффициент готовности. (2 часа).
- Расчет математического ожидания недоотпуска электрической и/или тепловой энергии ТЭС. (2 часа).
- Задачи на исследование устойчивости парогенерирующего канала. (4 часа).
- Задачи на построение интегрирующей характеристики энергосистемы. (4 часа).

## 3. ПРОГРАММА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Осенний семестр - 108 часов самостоятельной работы

- Подготовка к практическим занятиям – 18 часов.
- Выполнение индивидуального задания на тему «Расчет показателей надежности принципиальной тепловой схемы ТЭС» – 54 часа.
  - Тема 1. Составление и преобразование схемы замещения ТЭС – 8 часов.
  - Тема 2. Определение показателей надежности элементов принципиальной схемы ТЭС – 12 часов.
  - Тема 3. Эквивалентирование элементов принципиальной схемы ТЭС – 12 часов.
  - Тема 4. Расчет обобщенных показателей надежности ТЭС – 14 часов.
  - Тема 5. Анализ надежности схемы ТЭС и разработка рекомендаций по ее обеспечению – 8 часов.



## 4. ТЕКУЩИЙ И ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для текущего контроля в течение семестра предусматривается:

- результаты выполнения и защиты индивидуальных расчетных заданий;
- ритмичность и качество работы на практических занятиях;

В конце семестра студент должен набрать минимум баллов, необходимый для допуска к сдаче зачета (9 семестр) Подробно о видах оцениваемых работ и рубежных значениях суммы баллов изложено в соответствующем рейтинг-плане.

Зачет в семестре выводится с учетом количества баллов, набранных в ходе текущей работы.

Рейтинг планы, тесты, вопросы и задачи для контрольных, вопросы итогового контроля и экзаменационные билеты прилагаются к рабочей программе.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень используемых информационных продуктов

При изучении дисциплины используются

- Технические средства аудитории с АСУ ПДС (компьютеры, мониторы, экраны).
- Программное обеспечение АСУ ПДС.
- Текстовые, графические кадры.
- Компьютерные программы:
  - РН – программа расчета показателей надежности принципиальной тепловой схемы ТЭС.
- Методические указания к выполнению индивидуального задания «Расчет показателей надежности принципиальной тепловой схемы ТЭС»

### 5.2. Перечень рекомендуемой литературы

#### 5.2.1. Основная

1. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС: Учеб. пособие для теплоэнергетических и энергомашиностроительных вузов / Г. П. Гладышев, Р.З.Аминов, В.З.Гуревич и др.; Под ред. А.И. Андриященко. -М.: Высш.шк. 1991.-303с.:ил.
2. Клемин А.И. Надежность ядерных энергетических установок: Основы расчета. –М.: Энергоатомиздат,1987. –344с.: ил. (Надежность и качество)



3. Беляев С.А. Надежность оборудования АЭС. Учеб. пособие. –Томск. Изд. ТПИ.,1986. –79с.
4. Беляев С.А., Литвак В.В., Солод С.С. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС: Учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2008. – 196 с.: ил.

#### ***5.2.2. Дополнительная***

1. Надежность систем энергетики. Терминология. Вып. 95.-М.: Наука, 1980.-43с.
2. Китушин В.Г. Надежность энергетических систем. Учеб. пособие. М.:Высш.шк. 1984-256с
3. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей (РД 34. 20. 501 – 95). – СПб.: Изд-во «Деан», 2000 – 352 с.
4. Инструкция по расследованию и учету технологических нарушений в работе энергосистем, электростанций, котельных, электрических и тепловых сетей. (РД 34. 20. 801 – 2000). М.: Энергосервис, 2001 –32 с
5. Нормы технологического проектирования тепловых электрических станций (ВНТП – Т – 88). М.:- 217 с.

Программу составил  
д.т.н., профессор каф. АТЭС

\_\_\_\_\_ В.В. Литвак