

УТВЕРЖДАЮ

Проректор МЭИ

\_\_\_\_\_ Маслов С.И.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Направление подготовки: 141100 Энергетическое машиностроение,

Профиль(и) подготовки: «Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели»

Квалификация (степень) выпускника: повышение квалификации.

Форма обучения: очная, дистанционная

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
" ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАРОТУРБИН-  
НОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ "**

<b>Цикл:</b>	повышение квалифика- ции	
<b>Часть цикла:</b>	повышение квалифика- ции	
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>		
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	от 22 час. до 116 час. в зависимости от блочной структуры и контингента слушателей	
<b>Трудоемкость в зачетных еди- ницах:</b>	---	
<b>Лекции</b>	от 20 час. до 86 час.	
<b>Практические занятия</b>	от 12 час. до 26 час.	
<b>Лабораторные работы</b>	---	
<b>Расчетные задания, рефераты</b>	---	
<b>Объем самостоятельной рабо- ты по учебному плану (всего)</b>	---	
<b>Экзамены</b>	Зачет, выпускная работа	

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью дисциплины является** обучение слушателей курсов повышения квалификации современным способам повышения эффективности и надежности эксплуатации паротурбинного оборудования на основе анализа качества пусков (остановов) основного теплоэнергетического оборудования с барабанными (в том числе с поперечными связями) и прямоточными котлами, конденсационными и теплофикационными турбинами, установленными в России.

По завершению освоения данной дисциплины слушатель курсов повышения квалификации способен и готов:

- участвовать в анализе исходных данных для оценки качества пусков (остановов) паротурбинного и основного теплоэнергетического оборудования ТЭС с использованием нормативной документации и современных методов обработки информации (ПК-19, ПК-4, ПК-3, ПК-1);
- анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт эксплуатации паротурбинного и основного теплоэнергетического оборудования ТЭС (ПК-6);
- формировать законченное представление о полученных результатах испытаний паротурбинного и основного теплоэнергетического оборудования ТЭС в виде отчета с его публикацией (публичной защитой) (ПК-7).
- участвовать в разработке и осуществлении эффективных программ пусков (остановов) основного теплоэнергетического оборудования ТЭС с барабанными и прямоточными котлами, конденсационными и теплофикационными турбинами, установленными на ТЭС России (ПК-17);
- проводить необходимые расчеты, обосновывать их и представлять результаты работы в соответствии с принятыми в России стандартами (ПК-14);
- владеть современными методами инструментального контроля основного оборудования ТЭС с использованием современных информационных технологий (ПК-1, ПК-18);
- разрабатывать оперативные планы работы первичных производственных подразделений ТЭС, планировать работу персонала и оценивать результаты деятельности подразделений при ведении основных переменных режимов ТЭС (ПК-24);

- переоценивать накопленный опыт эксплуатации паротурбинного и основного теплоэнергетического оборудования ТЭС в условиях развития науки и техники, анализировать свои возможности, приобретать новые знания, использовать различные средства и технологии обучения (ОК-6);
- самостоятельно работать, принимать решения в рамках своей профессиональной деятельности (ОК-7);
- анализировать различного рода рассуждения, публично выступать, аргументировано вести дискуссию и полемику (ОК-12);

**Задачами дисциплины являются:**

- обучить слушателей курсов повышения квалификации методикам оценки надежности при эксплуатации паротурбинного и основного теплоэнергетического оборудования ТЭС на основе основных показателей надежности технических систем с применением элементов теории вероятностей;
- дать информацию об особенностях работы паротурбинной установки на переменном режиме и об основных опасностях нестационарных режимов работы паротурбинной установки;
- дать информацию о типовых отказах и повреждениях оборудования в энергетических установках ТЭС;
- обучить слушателей курсов повышения квалификации современным организационным методам обеспечения надежности эксплуатации паротурбинного и основного теплоэнергетического оборудования ТЭС;
- обучить слушателей курсов повышения квалификации методикам расчета технико-экономических показателей паротурбинной установки при разных режимах работы;
- научить обосновывать конкретные технические решения по рациональному применению различных схем пусков (остановов) паротурбинного и основного теплоэнергетического оборудования ТЭС для обеспечения максимальной эффективности и надежности эксплуатации оборудования.

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

Дисциплина базируется на общетехнических и естественнонаучных дисциплинах, изучаемых в рамках базовой части профессионального цикла основной образовательной программы подготовки бакалавра в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования (ФГОС ВПО).

Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы слушателям курсов повышения квалификации в своей профессиональной деятельности.

### **3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения учебной дисциплины, обучающиеся на курсах повышения квалификации должны демонстрировать следующие результаты образования:

#### **Знать:**

- основные источники научно-технической информации по материалам в области эксплуатации паротурбинного и основного теплоэнергетического оборудования ТЭС (ОК-6, ПК-6);
- классификацию и области применения основных режимов эксплуатации паротурбинного оборудования ТЭС (ПК-4);
- основные балансовые соотношения для анализа технико-экономических показателей паротурбинной установки (ПК-2);
- типовые мероприятия по ведению безопасных эксплуатационных режимов и повышению экологической безопасности ТЭС, а также экономии топлива и воды (ПК-5, ПК-16);
- современные методы ведения безопасных эксплуатационных режимов паротурбинного и основного теплоэнергетического оборудования ТЭС (ОК-6, ПК-6, ПК-17, ПК-24);
- методы проведения энергетических испытаний паротурбинного и основного теплоэнергетического оборудования ТЭС для составления карты режимов (ПК-17, ПК-18, ПК-19).

#### **Уметь:**

- воспринимать, использовать, обобщать, анализировать имеющуюся научно-техническую и справочную информацию в области эксплуатации паротурбинного и основного теплоэнергетического оборудования ТЭС, изучать отечественный и зарубежный опыт в этой области, ставить цели и выбирать пути их достижения, выполнять необходимые расчеты, обосновывать их и представлять результаты работы в соответствии с принятыми стандартами (ОК-1, ОК-12, ПК-6);
- использовать и анализировать накопленный опыт в условиях развития науки и техники, приобретать новые знания, использовать различные средства и технологии обучения (ОК-6, ПК-1);

- осуществлять сбор первичной информации и анализировать её при оценке методов ведения режимов паротурбинного и основного теплоэнергетического оборудования ТЭС с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации (ПК-1, ПК-3, ПК-4);
- участвовать в планировании, разработке и осуществлении мероприятий по разработке режимов эксплуатации паротурбинного и основного теплоэнергетического оборудования ТЭС, проводить техническое обследование оборудования и делать выводы о техническом состоянии объекта (ПК-15, ПК-17, ПК-7);
- рассчитывать балансовые соотношения для анализа технико-экономических показателей паротурбинной установки; оценивать остаточный ресурс оборудования при ведении различных режимов эксплуатации; оценивать экологическую, энергетическую и экономическую эффективность различных режимов эксплуатации паротурбинного и основного теплоэнергетического оборудования ТЭС (ПК-2, ПК-3, ПК-10, ПК-12, ПК-16, ПК-19);
- разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности на предприятии, обосновывать рациональные способы ведения режимов паротурбинного и основного теплоэнергетического оборудования ТЭС, осуществлять мероприятия по экономии энергоресурсов, разрабатывать программы по техническому перевооружению, реконструкции и модернизации объектов ТЭС.

**Владеть:**

- терминологией и проблематикой в области эксплуатации паротурбинного и основного теплоэнергетического оборудования ТЭС (ОК-1, ПК-2);
- навыками работы в коллективе и управления малыми коллективами исполнителей, готовностью генерировать и использовать новые идеи, а также навыками дискуссии по профессиональной тематике (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4);
- основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, использовать компьютер как средство работы с информацией, использовать современные и перспективные компьютерные и информационные технологии (ОК-6, ОК-11, ПК-1);
- навыками составления и анализа энергетических балансов для анализа технико-экономических показателей паротурбинной установки и основного теплоэнергетического оборудования ТЭС при ведении различных режимов работы (ОК-1, ОК-11, ПК-1, ПК-2, ПК-14);
- методами расчета сравнительной оценки эффективности и надежности различных способов эксплуатации паротурбинного и основного теплоэнергетического обо-

рудования ТЭС и их экологических преимуществ, а также элементами бизнес-планирования (ПК-14, ПК-16, ПК-19, ПК-22);

- навыками профессиональной эксплуатации современного диагностического оборудования для проведения технического обследования на объектах ТЭС (ПК-20).

### **Структура дисциплины**

Разработанный комплекс дисциплин предназначен для развертывания широкомасштабной программы повышения квалификации специалистов в области эксплуатации паротурбинного и основного теплоэнергетического оборудования ТЭС. Комплекс представляет собой совокупность дисциплин взаимосвязанных между собой и разработанных на основе единого методического подхода.

Базовая дисциплина разработана на основе учебной программы по подготовке бакалавров по направлению подготовки 141100 «Энергетическое машиностроение» по профилю «Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели», утвержденной Минобрнауки РФ от 08 декабря 2009 года № 715 для повышения квалификации специалистов ТЭС РФ, занятых в процессах эксплуатации теплоэнергетического оборудования. Этот блок разработан на 72 академических часа.

Второй блок представляет собой вариант первого блока, рассчитанного на углубленное изучение предлагаемых тем, в том числе рассматриваются вопросы технологии разработки и технико-экономического анализа режимов эксплуатации паротурбинного оборудования и информационного обеспечения процессов пусков и остановов паротурбинного оборудования. При этом он направлен на более глубокое практическое освоение вопросов ведения режимов работы паротурбинного и основного теплоэнергетического оборудования ТЭС, установленного в России на основе специально разработанных компьютерных программных обучающих комплексов. Этот блок разработан на 94 академических часа.

Третий блок рассчитан на 22 академических часа. Он предназначен для овладения слушателями курсов повышения квалификации практических знаний по реализации конкретных режимов пуска и останова на базовых конденсационных ПТУ ТЭС РФ типа К-300-23,5 (ЛМЗ) и теплофикационных ПТУ типа Т-100-12,8 (ТМЗ) и Т-250/300-23,5 (ТМЗ). Этот блок может быть использован как часть предыдущих блоков в качестве углубленного изучения.

## Учебный блок

### " Повышение эффективности и надежности эксплуатации паротурбинного оборудования "

Блок для подготовки специалистов по теме " Повышение эффективности и надежности и эксплуатации паротурбинного оборудования " рассчитан на 72 академических часа и отражают следующие разделы:

- общие вопросы определения экономичности ПТУ;
- надежность и экономичность - основные принципы эксплуатации ПТУ;
- основные вопросы эксплуатации ПТУ при различных системах парораспределения;
- общие вопросы работы ТЭС в условиях переменной нагрузки и классификация режимов работы;
- понятие маневренности;
- особенности работы ПТУ на номинальном режиме;
- особенности стационарных режимов работы ПТУ;
- особенности нестационарных режимов работы ПТУ;
- особенности эксплуатации ПТУ с регулируемыми отборами пара;
- работа теплофикационных турбин по электрическому и тепловому графику;
- классификация пусковых режимов и их особенности;
- пуск неблочных ПТУ из холодного состояния;
- особенности пусков блоков;
- особенности пусков блоков с барабанными и прямоточными котлами;
- останов ПТУ и явления, возникающие при разгрузке и останове ПТУ;
- аварийный останов;
- пуск неблочной ПТУ из горячего и неостывшего состояния;
- пуск энергоблоков из горячего и неостывшего состояния;
- вопросы для аттестации обучаемых.

Минимальный уровень образования принимаемых на обучение: специалисты с высшим техническим образованием. Форма обучения – очная.

Уровень получаемого образования: дополнительная профессиональная переподготовка. Блок снабжен аннотациями к лекционным и практическим занятиям, а также вопросами для аттестации слушателей.

## УЧЕБНЫЙ БЛОК

### " Повышение эффективности и надежности эксплуатации паротурбинного оборудования "

Количество академических часов - 72

№	Раздел дисциплины	Всего часов в раздел	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			лк	пр	сам	
1	2	3	4	5	6	7
1	Принципы эксплуатации ПТУ: надежность и экономичность. Определение экономичности конденсационных и теплофикационных ПТУ	6	4	2		
2	Понятие маневренности. Работа ТЭС в условиях переменной нагрузки. Особенности покрытия графиков нагрузки.	6	4	2		
3	Классификация режимов работы. Особенности эксплуатации ПТУ при различных системах парораспределения.	6	4	2		
4	Особенности работы турбины при скользящем давлении. Перевод ПТУ на работу при скользящем давлении при различных системах парораспределения.	4	4			
5	Особенности работы ПТУ на номинальном режиме.	2	2			
6	Стационарные режимы работы ПТУ с отклонением от номинальных параметров	8	6	4		
7	Особенности эксплуатации ПТУ с регулируемыми отборами пара.	8	6	2		
8	Особенности нестационарных режимов.	2	2			
9	Классификация пусковых режимов и их особенности.	2	2			
10	Пуск неблочных ПТУ из холодного состояния.	4	4			
11	Особенности пусков блоков. Пуск блочных ПТУ из холодного состояния.	4	4			
12	Особенности пусков блоков с барабанными и прямоточными котлами.	6	6			



13	Останов ПТУ. Явления, возникающие при разгрузке и останове ПТУ. Остывание турбины. Аварийный останов.	4	4			
14	Пуск неблочной ПТУ из горячего и неостывшего состояния.	2	2			
15	Пуск энергоблоков из горячего и неостывшего состояния.	2	2			
16	Факторы, определяющие маневренность и способы увеличения маневренности ПТУ.	2	2			
17	Зачет	2				
	<b>ВСЕГО</b>	<b>72</b>	<b>58</b>	<b>12</b>		

### Аннотации

#### **лекционных и практических занятий к учебной программе для специалистов по теме " Повышение эффективности и надежности эксплуатации паротурбинного оборудования " ( объем 72 часа)**

#### **1. Принципы эксплуатации ПТУ: надежность и экономичность. Определение экономичности конденсационных и теплофикационных ПТУ**

Основные показатели. Безотказность, ремонтпригодность, долговечность работы турбины. Коэффициенты готовности и безотказности.

Элементы теории вероятностей для расчетов показателей надежности.

Крупные аварии в электроэнергетике.

Отказы в работе котлов.

Отказы в работе турбин.

Отказы вспомогательного оборудования и систем регулирования.

Статистика по аварийности и надежности ПТУ.

Показатели экономичности ПТУ. Удельные расходы теплоты и условного топлива. Особенности оценки экономичности конденсационных и теплофикационных турбин.

#### **2. Понятие маневренности. Работа ТЭС в условиях переменной нагрузки. Особенности покрытия графиков нагрузки.**

Графики электрической и тепловой нагрузок и способы их покрытия.

Понятие о маневренности ТЭС и ТЭЦ, конденсационных и теплофикационных энергоблоков, турбоустановок и турбин.

- регулировочный диапазон турбоустановки или энергоблока,
- число допустимых изменений нагрузки в пределах регулировочного диапазона и скорость изменения нагрузки,
- длительности пуска энергоблока или турбины из различных тепловых состояний и их допустимое число на срок службы,
- возможность работы при аварийных режимах в энергосистеме.

### **3. Классификация режимов работы. Особенности эксплуатации ПТУ при различных системах парораспределения.**

Конденсационные режимы.

Теплофикационные режимы.

Режимы работы по электрическому графику.

Режимы работы по теплофикационному графику.

Стационарный режим.

Ординарные стационарные режимы:

- режим номинальной нагрузки;
- режимы частичной нагрузки;
- режим максимальной нагрузки.

Специфические стационарные режимы:

- режимы с отклонениями частоты вращения, начальных, конечных и промежуточных параметров пара;
- режимы холостого хода;
- режимы с отключенными регенеративными подогревателями;
- беспаровые и малорасходные режимы;
- моторный режим.

Переходный или нестационарный режим работы - изменение нагрузки, пуски и остановки.

Работа турбины при переменном пропуске пара. Некоторые выводы из теории переменного режима.

Сопловое и дроссельное парораспределение.

### **4. Особенности работы турбины при скользящем давлении. Перевод ПТУ на работу при скользящем давлении при различных системах парораспределения.**

Работа турбины при переменном режиме со скользящим начальным давлением.

Преимущества использования скользящего давления для турбины при снижении нагрузки.

Особенности работы регулирующей ступени при переменном режиме со скользящим начальным давлением.

Температурный режим при режиме со скользящим начальным давлением.

Гибридное парораспределение.

#### **5. Особенности работы ПТУ на номинальном режиме.**

Задачи обслуживания ПТУ на номинальном режиме.

Обслуживание систем защиты и регулирования.

Проверка плотности стопорных, регулирующих и обратных клапанов. Расхаживание клапанов.

Проверка работы системы защиты. Испытания системы регулирования

Обслуживание системы маслоснабжения и смазки.

Наблюдение за работающей турбиной.

#### **6. Стационарные режимы работы ПТУ с отклонением от номинальных параметров**

Работа турбины при отклонении параметров (температуры и давления) свежего пара и пара промежуточного перегрева от номинальных.

Сопротивление материалов деталей турбины действию напряжений и высоких температур вследствие протекания процессов ползучести.

Работа турбины при отклонении давления в конденсаторе от номинального значения.

Особенности работы последних ступеней ЦНД при переменном давлении в конденсаторе.

#### **7. Особенности эксплуатации ПТУ с регулируемыми отборами пара.**

Типы стационарных паровых турбин - энергетические, промышленные и вспомогательные (конденсационные и теплофикационные).

Турбины Уральского турбомоторного завода. Особенности эксплуатации.

Турбины Ленинградского Металлического завода. Особенности эксплуатации.

Работа турбины при переменной тепловой нагрузке теплофикационных отборов

- работа турбины по тепловому графику

- работа турбины по электрическому графику

- диаграмма режимов.

## **8. Особенности нестационарных режимов.**

Явления, возникающие в турбине при нестационарных режимах:

- температурные напряжения,
- трещины малоциклового усталости
- продольное расширение или сокращение ротора относительно статора;
- тепловой изгиб ротора;
- деформация корпуса вследствие несимметричного прогрева.

## **9. Классификация пусковых режимов и их особенности.**

Классификация пусков

- пуск из холодного состояния и его особенности,
- пуск из горячего состояния и его особенности,
- пуск из неостывшего состояния и его особенности.

Основной принцип проведения пусков. Скорость пуска.

Неполадки и дефекты, препятствующие пуску.

## **10. Пуск неблочных ПТУ из холодного состояния.**

Особенности пуска неблочных ПТУ - использование пара номинальных параметров.

Прогрев паропроводов.

Пусковая схема неблочных ПТУ. Особенности.

Дренажные коллекторы: высокого, среднего и низкого давления.

Пуск неблочной ПТУ из холодного состояния

Основные этапы пуска, их особенности, графики пуска:

- 1) подготовительный - до приведения ротора во вращение, включая пуск конденсационной установки;
- 2) разворот и доведение частоты вращения до синхронной;
- 3) синхронизации и нагружение турбины;
- 4) подключения теплофикационной установки.

## **11. Особенности пусков блоков. Пуск блочных ПТУ из холодного состояния.**

Пусковые схемы блоков.

Пусковая схема блока с барабанным котлом.

Пусковая схема с прямоточным котлом.

Включение теплофикационной установки

- подготовка к включению;
- включение системы циркуляции сетевой воды;
- включение ПСГ-1;
- включение ПСГ-2.

Особенности пуска турбоустановок с противодавлением

## **12. Особенности пусков блоков с барабанными и прямоточными котлами.**

Пуск блоков из холодного состояния:

- пуск блока с барабанным котлом и его особенности.
- пуск блоков с прямоточными котлами и его особенности.

## **13. Останов ПТУ. Явления, возникающие при разгрузке и останове ПТУ.**

### **Остывание турбины. Аварийный останов.**

Явления, возникающие в турбине при снижении нагрузки и остановке.

Несовместность тепловых расширений отдельных деталей, температурные напряжения.

Относительное сокращение ротора и ее опасности.

Остановка турбины в горячий резерв.

Выбег ротора.

Остановка турбины с охлаждением.

Аварийная остановка турбоагрегата (без срыва вакуума и со срывом вакуума).

Остывание турбины и элементов блока при остановке в горячий резерв.

Деформации корпуса турбины, возникающие вследствие неравномерного остывания.

Уход за остановленной турбиной.

## **14. Пуск неблочной ПТУ из горячего и неостывшего состояния.**

Особенности пуска неблочной ПТУ из горячего и неостывшего состояния:

- быстрое охлаждение ротора относительно корпуса и последствия этого;
- неравномерность охлаждения ротора и корпуса турбины и последствия этого;
- появление трещин термической усталости;

Принципы проведения пусков неблочных турбин из неостывшего и горячего состояний.

### **15. Пуск энергоблоков из горячего и неостывшего состояния.**

Трудности, возникающие при пуске из неостывшего и горячего состояний блочных турбинных установок и особенности таких пусков.

### **16. Факторы, определяющие маневренность и способы увеличения маневренности ПТУ.**

Конструкция корпуса.

Обогрев фланцевых соединений.

Конструкция ротора.

Повышение маневренности турбоустановок и их перевод в режим частых разгрузений-нагрузений.

## Учебный блок

### " Повышение эффективности и надежности эксплуатации паротурбинного оборудования "

Блок для подготовки специалистов по теме " Повышение эффективности и надежности и эксплуатации паротурбинного оборудования " рассчитан на 94 академических часа и отражают следующие разделы:

- общие вопросы определения экономичности ПТУ;
- надежность и экономичность - основные принципы эксплуатации ПТУ;
- основные вопросы эксплуатации ПТУ при различных системах парораспределения;
- общие вопросы работы ТЭС в условиях переменной нагрузки и классификация режимов работы;
- понятие маневренности;
- особенности работы ПТУ на номинальном режиме;
- особенности стационарных режимов работы ПТУ;
- особенности нестационарных режимов работы ПТУ;
- особенности эксплуатации ПТУ с регулируемыми отборами пара;
- работа теплофикационных турбин по электрическому и тепловому графику;
- классификация пусковых режимов и их особенности;
- пуск неблочных ПТУ из холодного состояния;
- особенности пусков блоков;
- особенности пусков блоков с барабанными и прямоточными котлами;
- останов ПТУ и явления, возникающие при разгрузке и останове ПТУ;
- аварийный останов;
- пуск неблочной ПТУ из горячего и неостывшего состояния;
- пуск энергоблоков из горячего и неостывшего состояния;
- технология разработки и технико-экономического анализа режимов эксплуатации паротурбинного оборудования;
- информационное обеспечение процессов пусков и остановов паротурбинного оборудования;
- вопросы для аттестации обучаемых.

Минимальный уровень образования принимаемых на обучение: специалисты с высшим техническим образованием. Форма обучения – очная.

Уровень получаемого образования: дополнительная профессиональная переподготовка. Блок снабжен аннотациями к лекционным и практическим занятиям, а также вопросами для аттестации слушателей.

## УЧЕБНЫЙ БЛОК

### " Повышение эффективности и надежности эксплуатации паротурбинного оборудования "

Количество академических часов - 94

№	Раздел дисциплины	Всего часов в раздел	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			лк	пр	сам	
1	2	3	4	5	6	7
1	Принципы эксплуатации ПТУ: надежность и экономичность. Определение экономичности конденсационных и теплофикационных ПТУ	6	4	2		
2	Понятие маневренности. Работа ТЭС в условиях переменной нагрузки. Особенности покрытия графиков нагрузки.	6	4	2		
3	Классификация режимов работы. Особенности эксплуатации ПТУ при различных системах парораспределения.	6	4	2		
4	Особенности работы турбины при скользящем давлении. Перевод ПТУ на работу при скользящем давлении при различных системах парораспределения.	4	4			
5	Особенности работы ПТУ на номинальном режиме.	2	2			
6	Стационарные режимы работы ПТУ с отклонением от номинальных параметров	10	6	4		
7	Особенности эксплуатации ПТУ с регулируемыми отборами пара.	8	6	2		
8	Особенности нестационарных режимов.	2	2			
9	Классификация пусковых режимов и их особенности.	2	2			
10	Пуск неблочных ПТУ из холодного состояния.	6	4	2		
11	Особенности пусков блоков. Пуск блочных ПТУ из холодного состояния.	6	4	2		
12	Особенности пусков блоков с барабанными и прямоточными котлами.	8	6	2		



13	Останов ПТУ. Явления, возникающие при разгрузке и останове ПТУ. Остывание турбины. Аварийный останов.	4	4			
14	Пуск неблочной ПТУ из горячего и неостывшего состояния.	4	2	2		
15	Пуск энергоблоков из горячего и неостывшего состояния.	4	2	2		
16	Факторы, определяющие маневренность и способы увеличения маневренности ПТУ.	2	2			
17	Технология разработки и технико-экономического анализа режимов эксплуатации паротурбинного оборудования	6	4	2		
18	Информационное обеспечение процессов пусков и остановов паротурбинного оборудования	6	4	2		
19	Зачет	2				
	ВСЕГО	94	66	26		

## Аннотации

лекционных и практических занятий к учебной программе для специалистов по теме " **Повышение эффективности и надежности эксплуатации паротурбинного оборудования** " (объем 94 часа)

### **1. Принципы эксплуатации ПТУ: надежность и экономичность. Определение экономичности конденсационных и теплофикационных ПТУ**

Основные показатели. Безотказность, ремонтпригодность, долговечность работы турбины. Коэффициенты готовности и безотказности.

Элементы теории вероятностей для расчетов показателей надежности.

Крупные аварии в электроэнергетике.

Отказы в работе котлов.

Отказы в работе турбин.

Отказы вспомогательного оборудования и систем регулирования.

Статистика по аварийности и надежности ПТУ.

Показатели экономичности ПТУ. Удельные расходы теплоты и условного топлива. Особенности оценки экономичности конденсационных и теплофикационных турбин.

### **2. Понятие маневренности. Работа ТЭС в условиях переменной нагрузки. Особенности покрытия графиков нагрузки.**

Графики электрической и тепловой нагрузок и способы их покрытия.

Понятие о маневренности ТЭС и ТЭЦ, конденсационных и теплофикационных энергоблоков, турбоустановок и турбин.

- регулировочный диапазон турбоустановки или энергоблока,

- число допустимых изменений нагрузки в пределах регулировочного диапазона и скорость изменения нагрузки,

- длительности пуска энергоблока или турбины из различных тепловых состояний и их допустимое число на срок службы,

- возможность работы при аварийных режимах в энергосистеме.

### **3. Классификация режимов работы. Особенности эксплуатации ПТУ при различных системах парораспределения.**

Конденсационные режимы.

Теплофикационные режимы.

Режимы работы по электрическому графику.

Режимы работы по теплофикационному графику.

Стационарный режим.

Ординарные стационарные режимы:

- режим номинальной нагрузки;
- режимы частичной нагрузки;
- режим максимальной нагрузки.

Специфические стационарные режимы:

- режимы с отклонениями частоты вращения, начальных, конечных и промежуточных параметров пара;
- режимы холостого хода;
- режимы с отключенными регенеративными подогревателями;
- беспаровые и малорасходные режимы;
- моторный режим.

Переходный или нестационарный режим работы - изменение нагрузки, пуски и остановки.

Работа турбины при переменном пропуске пара. Некоторые выводы из теории переменного режима.

Сопловое и дроссельное парораспределение.

#### **4. Особенности работы турбины при скользящем давлении. Перевод ПТУ на работу при скользящем давлении при различных системах парораспределения.**

Работа турбины при переменном режиме со скользящим начальным давлением.

Преимущества использования скользящего давления для турбины при снижении нагрузки.

Особенности работы регулирующей ступени при переменном режиме со скользящим начальным давлением.

Температурный режим при режиме со скользящим начальным давлением.

Гибридное парораспределение.

#### **5. Особенности работы ПТУ на номинальном режиме.**

Задачи обслуживания ПТУ на номинальном режиме.

Обслуживание систем защиты и регулирования.

Проверка плотности стопорных, регулирующих и обратных клапанов. Расхождение клапанов.

Проверка работы системы защиты. Испытания системы регулирования  
Обслуживание системы маслоснабжения и смазки.  
Наблюдение за работающей турбиной.

## **6. Стационарные режимы работы ПТУ с отклонением от номинальных параметров**

Работа турбины при отклонении параметров (температуры и давления) свежего пара и пара промежуточного перегрева от номинальных.

Сопротивление материалов деталей турбины действию напряжений и высоких температур вследствие протекания процессов ползучести.

Работа турбины при отклонении давления в конденсаторе от номинального значения.

Особенности работы последних ступеней ЦНД при переменном давлении в конденсаторе.

## **7. Особенности эксплуатации ПТУ с регулируемыми отборами пара.**

Типы стационарных паровых турбин - энергетические, промышленные и вспомогательные (конденсационные и теплофикационные).

Турбины Уральского турбомоторного завода. Особенности эксплуатации.

Турбины Ленинградского Металлического завода. Особенности эксплуатации.

Работа турбины при переменной тепловой нагрузке теплофикационных отборов

- работа турбины по тепловому графику
- работа турбины по электрическому графику
- диаграмма режимов.

## **8. Особенности нестационарных режимов.**

Явления, возникающие в турбине при нестационарных режимах:

- температурные напряжения,
- трещины малоциклового усталости
- продольное расширение или сокращение ротора относительно статора;
- тепловой изгиб ротора;
- деформация корпуса вследствие несимметричного прогрева.

## **9. Классификация пусковых режимов и их особенности.**

Классификация пусков

- пуск из холодного состояния и его особенности,

- пуск из горячего состояния и его особенности,
- пуск из неостывшего состояния и его особенности.

Основной принцип проведения пусков. Скорость пуска.

Неполадки и дефекты, препятствующие пуску.

#### **10. Пуск неблочных ПТУ из холодного состояния.**

Особенности пуска неблочных ПТУ - использование пара номинальных параметров.

Прогрев паропроводов.

Пусковая схема неблочных ПТУ. Особенности.

Дренажные коллекторы: высокого, среднего и низкого давления.

Пуск неблочной ПТУ из холодного состояния

Основные этапы пуска, их особенности, графики пуска:

- 5) подготовительный - до приведения ротора во вращение, включая пуск конденсационной установки;
- 6) разворот и доведение частоты вращения до синхронной;
- 7) синхронизации и нагружение турбины;
- 8) подключения теплофикационной установки.

#### **11. Особенности пусков блоков. Пуск блочных ПТУ из холодного состояния.**

Пусковые схемы блоков.

Пусковая схема блока с барабанным котлом.

Пусковая схема с прямоточным котлом.

Включение теплофикационной установки

- подготовка к включению;
- включение системы циркуляции сетевой воды;
- включение ПСГ-1;
- включение ПСГ-2.

Особенности пуска турбоустановок с противодавлением

#### **12. Особенности пусков блоков с барабанными и прямоточными котлами.**

Пуск блоков из холодного состояния:

- пуск блока с барабанным котлом и его особенности.
- пуск блоков с прямоточными котлами и его особенности.

### **13. Останов ПТУ. Явления, возникающие при разгрузке и останове ПТУ.**

#### **Остывание турбины. Аварийный останов.**

Явления, возникающие в турбине при снижении нагрузки и остановке.

Несовместность тепловых расширений отдельных деталей, температурные напряжения.

Относительное сокращение ротора и ее опасности.

Остановка турбины в горячий резерв.

Выбег ротора.

Остановка турбины с охлаждением.

Аварийная остановка турбоагрегата (без срыва вакуума и со срывом вакуума).

Остывание турбины и элементов блока при остановке в горячий резерв.

Деформации корпуса турбины, возникающие вследствие неравномерного остывания.

Уход за остановленной турбиной.

### **14. Пуск неблочной ПТУ из горячего и неостывшего состояния.**

Особенности пуска неблочной ПТУ из горячего и неостывшего состояния:

- быстрое охлаждение ротора относительно корпуса и последствия этого;
- неравномерность охлаждения ротора и корпуса турбины и последствия этого;
- появление трещин термической усталости;

Принципы проведения пусков неблочных турбин из неостывшего и горячего состояний.

### **15. Пуск энергоблоков из горячего и неостывшего состояния.**

Трудности, возникающие при пуске из неостывшего и горячего состояний блочных турбинных установок и особенности таких пусков.

### **16. Факторы, определяющие маневренность и способы увеличения маневренности ПТУ.**

Конструкция корпуса.

Обогрев фланцевых соединений.

Конструкция ротора.

Повышение маневренности турбоустановок и их перевод в режим частых разгрузок-нагрузок.

## **17. Технология разработки и технико-экономического анализа режимов эксплуатации паротурбинного оборудования**

Составление структурной блок-схемы станции в которой отражаются не физические, а логические связи между элементами.

Расчеты показателей надежности тепловых схем:

- представление схемы ТЭС в виде структурной схемы с необходимой степенью детализации,
- формирование исходных данных по надежности элементов структурных схем,
- расчет вероятностных характеристик изменения мощности и производительности,
- расчет комплексных показателей надежности станции.

Определение коэффициентов вынужденного и планового простоев и вероятности безотказной работы в течение года.

Расчеты ресурса и срока службы.

Обеспечение надежности средствами организации эксплуатации ТЭС:

- Приемка в эксплуатацию.
- Требования к персоналу.
- Технический контроль.
- Организация ремонтно-эксплуатационного обслуживания.

## **18. Информационное обеспечение процессов пусков и остановов паротурбинного оборудования**

САУ современных ТЭС. Структура и состав.

Электронные учебные пособия по эксплуатации паротурбинного оборудования ТЭС.

**Контрольные вопросы к темам для аттестации слушателей к учебным блокам  
" Повышение эффективности и надежности эксплуатации паротурбинного  
оборудования " (основные для курсов 72 часа и 94 часа)**

1. В каких случаях системы защиты турбины подвергают испытаниям?
2. В каких случаях запрещается пуск турбины?
3. В каких случаях турбина должна быть немедленно отключена?
4. Какие проверки необходимо провести перед включением в работу трубопровода?
5. Какие основные требования предъявляются к эксплуатации ПТУ? Почему обеспечению надежности работы оборудования необходимо придавать первейшее значение?
6. Назовите основные показатели надежности паровых турбин, регламентированные ГОСТ, и их значения.
7. В чем состоит отличие конденсационных режимов от теплофикационных? В чем отличие работы по тепловому графику от работы по электрическому графику?
8. В чем состоит принципиальное отличие стационарных режимов от нестационарных?
9. Перечислите специфические стационарные режимы для теплофикационных турбин и назовите их главные особенности.
10. Перечислите основные нестационарные режимы турбоустановки.
11. Назовите узлы и детали турбины, на надежность которых следует обращать внимание в первую очередь при работе турбины с изменяющимся пропуском пара.
12. Как изменяются теплоперепады отдельных ступеней отсека при увеличении через него расхода пара?
13. В чем особенности работы промежуточного отсека турбины с двухступенчатым нагревом сетевой воды?
14. Почему при уменьшении температуры пара перед группой ступеней осевое усилие, приложенное к ней, увеличивается?
15. Почему при отключении регенеративных подогревателей необходимо снижать нагрузку турбины?
16. Какой режим является самым опасным для рабочих лопаток последней ступени при работе теплофикационной турбины в конденсационном режиме?
17. Какой режим является самым опасным для рабочих лопаток регулирующей ступени?



18. Почему при регулировании нагрузки блочных турбин начальным скользящим давлением повышается надежность их работы?
19. Назовите экономические преимущества режима скользящего давления для энергоблоков с промперегревом.
20. Можно ли использовать режим скользящего давления для ТЭЦ с неблочной компоновкой турбоагрегатов?
21. Какими путями получают диаграммы режимов турбоагрегатов?
22. Для каких режимов получают диаграммы для теплофикационной турбины с двухступенчатым нагревом сетевой воды?
23. Какие параметры связывает между собой диаграмма режимов турбины с одним регулируемым отбором пара?
24. Назовите все отрицательные последствия повышения и понижения температуры пара перед турбиной.
25. Назовите все отрицательные последствия повышения и понижения температуры пара перед ЦСД, если турбина имеет промежуточный перегрев пара.
26. В чем отрицательные последствия повышения давления в конденсаторе турбины?
27. Какие режимы наиболее опасны для предотборных ступеней теплофикационной турбины? Какие ограничительные меры обеспечивают безопасную работу?
28. В чем главная особенность работы ЦНД в малорасходных режимах? Какой основной параметр определяет работу ЦНД в малорасходном режиме?
29. Каковы основные опасности, которые возникают при разогреве проточной части и выходного патрубка ЧНД при работе в малорасходных режимах?
30. Какая главная конструктивная особенность турбины определяет разогрев ЦНД при работе в малорасходных режимах?
31. Какие главные режимные параметры определяют разогрев проточной части ЧНД в малорасходных режимах?
32. Как влияет давление отбора на разогрев проточной части при работе ЦНД в малорасходных режимах?
33. Назовите меры, с помощью которых можно обеспечить безопасную работу турбины с малыми расходами пара через ЦВД.
34. С какой целью используются охлаждающие устройства ЦНД?
35. Почему нельзя обеспечить работу теплофикационной турбины при любой мощности при работе по электрическому графику и наличии отборов пара для нагрева сетевой воды?

36. Какие основные явления, угрожающие длительной безопасной работе, возникают в турбине при нестационарных режимах?
37. Какие требования предъявляют ПТЭ к плотности стопорных и регулирующих клапанов?
38. В соответствии с ПТЭ работа турбины с неплотными обратными клапанами на линиях нерегулируемых отборов пара не допускается. Как следует поступить при неисправности обратного клапана и нежелательности останова турбины?
39. Назовите сроки проверок плотности стопорных, регулирующих и обратных клапанов.
40. Почему перед испытанием на сброс нагрузки обязательно проверяется плотность обратных клапанов?
41. С какой целью производится расхаживание клапанов?
42. Назовите сроки частичного и полного расхаживания клапанов.
43. В каких случаях проверку системы защиты осуществляют путем разгона ротора до частоты вращения?
44. Для какой цели ежегодно снимают статическую характеристику регулирования?
45. В каких случаях производят испытание турбины на сброс нагрузки?
46. При испытаниях турбины на сброс нагрузки произошло закрытие стопорных клапанов. Требуется ли настройка системы регулирования и защиты?
47. Почему в инструкциях по обслуживанию всегда ограничивают значения давлений в проточной части турбины?
48. Почему требуется поддержание давления уплотняющего пара в очень узких пределах?
49. Каким образом проверяется качество работы регенеративных подогревателей?
50. Почему для турбин на сверхкритическое начальное давление требования к качеству пара более жесткие, чем для других ПТУ?
51. Назовите причины стремительного увеличения давления в конденсаторе.
52. Что должен делать машинист турбины при повышении давления в конденсаторе?
53. Назовите причины медленного повышения давления в конденсаторе.
54. Как будут изменяться нагрев охлаждающей воды, температурный напор и давление в конденсаторе при заглушении части трубок пробками из-за их неплотности?
55. Назовите причины уменьшения расхода охлаждающей воды.
56. Назовите причины нарушения водяной плотности конденсатора.

57. Чем определяются ограничения минимального и максимального значений давления в сетевых подогревателях?
58. Чем регламентируются давление и расход сетевой воды через сетевые подогреватели?
59. Почему лимитируется нагрев сетевой воды в подогревателе ?
60. Назовите факторы, определяющие температурный напор в подогревателе ?
61. Назовите основной принцип проведения пусковых операций.
62. Перечислите неполадки, без устранения которых пуск турбоустановки не допускается.
63. В чем состоит главная особенность пуска турбин неблочного типа?
64. Как устроен дренажный трубопровод? Чем грозит неисправность конденсатоотводчика?
65. Зависят ли температурные напряжения, возникающие в паропроводе при конденсации, от температуры поступающего пара?
66. Для какой цели устанавливают эжектор циркуляционной системы?
67. Перечислите основные операции, производимые при пуске конденсационной установки.
68. Чем различаются пуски конденсационной установки для неблочной и блочной ПТУ?
69. Почему в конденсационных турбинах перед пуском создают вакуум?
70. В каком положении должна быть арматура главных паропроводов при проверке системы регулирования перед разворотом турбины?
71. Почему рациональнее производить пуск турбины при полностью открытых регулирующих клапанах, а не путем их последовательного открытия?
72. С какой целью при развороте ротора турбины производят выдержки при постоянной частоте вращения? Из каких соображений выбирают эти частоты?
73. За какими разностями температур в корпусе турбины необходимо следить в процессе пуска и нагружения?
74. В чем состоит главная особенность пуска блочных турбин по сравнению с неблочными?
75. Назовите основные функции БРОУ.
76. Почему стремятся ограничить время работы турбины на холостом ходу?
77. В чем преимущества однобайпасной пусковой схемы перед двухбайпасной?
78. От каких источников пара на первых этапах пуска питаются турбины питательных насосов, деаэратор и паровые эжекторы?

79. В чем состоит главное отличие растопки прямоточного котла от растопки барабанного?
80. Почему требуется предпусковой прогрев тракта промежуточного перегрева? Какими средствами он выполняется в двухбайпасной и однобайпасной пусковых схемах?
81. Изложите последовательность основных операций при пуске турбины из холодного состояния.
82. Назовите основные этапы пуска теплофикационной установки.
83. Почему при остановке турбины происходит относительное сокращение ротора?
84. Почему относительное сокращение ротора более опасно, чем его относительное удлинение?
85. Назовите технологические способы, с помощью которых не допускают значительных относительных сокращений ротора.
86. Почему турбоагрегаты не разгружают путем полного сброса нагрузки?
87. Можно ли сразу же после воздействия кнопкой выключения на систему регулирования и защиты отключать генератор от сети?
88. Почему при остановке турбины обязательно снимается кривая выбега?
89. Когда турбину останавливают с расхолаживанием?
90. Какой выигрыш получается при ускоренном расхолаживании турбины?
91. Когда следует использовать аварийную остановку со срывом вакуума, а когда без срыва?
92. Почему при аварийной остановке со срывом вакуума не допускается работа БРОУ на пускоприемное устройство конденсатора?
93. Почему после полного выбега ротора необходимо включать валоповоротное устройство?
94. Почему при работе на валоповоротном устройстве после выбега ротора необходимо прокачивать масло через подшипники?
95. Назовите основные причины выгиба корпуса.
96. Каковы преимущества торкретированной изоляции перед сборной?
97. Назовите способы, применяемые для выравнивания температур по сечению корпуса для уменьшения его выгиба.
98. Почему при стоянке турбины необходимо предотвратить попадание внутрь нее влаги?
99. Назовите способы консервации турбины на долгий срок.
100. В чем состоит основная трудность пуска неблочной турбины из горячего состояния?

101. Назовите принципы, которыми следует руководствоваться при пуске горячей турбины.
102. Почему при пуске из горячего состояния разворот и нагружение турбины следует производить очень быстро?
103. Назовите, в чем основная трудность пуска блочных установок из горячего и неостывшего состояний.
104. На какие характерные зоны разделяют график электрической нагрузки потребителей энергосистемы? Как эти зоны определяются?
105. Дайте определение коэффициента неравномерности и плотности графика нагрузки энергосистемы.
106. Почему использование высокоэкономичного дорогостоящего оборудования нецелесообразно в пиковой зоне графика нагрузки?
107. Почему для покрытия пиков нагрузки энергосистемы целесообразно использовать газотурбинные установки несмотря на их сравнительно низкую экономичность?
108. Назовите основные трудности покрытия графика нагрузки в условиях несоответствия его формы генерирующим мощностям, имеющимся в энергосистеме.
109. Какой основной фактор определяет количество тепла, отпускаемое ТЭЦ в теплотель?
110. Что такое температурный график тепловой сети? Как осуществляется его покрытие?
111. Что понимают под маневренностью турбины?
112. Как влияет тепловая нагрузка на маневренность ТЭЦ?
113. Почему турбины с двухстенным ЦВД обладают большей маневренностью, чем с одностенным ?
114. Как влияет обогрев фланцевых соединений на относительное удлинение ротора при пуске турбины из холодного состояния?
115. Почему при обогреве фланцевых соединений уменьшаются температурные напряжения в них?
116. Какие детали ограничивают маневренность мощных паровых турбин с двухстенными корпусами ЦВД и ЦСД?
117. Почему установка регулирующих клапанов ЦВД вне корпуса приводит к повышению маневренности турбины?
118. Почему хорошая изоляция улучшает маневренность турбоустановки?
119. В чем преимущества и недостатки моторного режима?

**Контрольные вопросы к темам для аттестации слушателей к учебным блокам  
" Повышение эффективности и надежности эксплуатации паротурбинного  
оборудования " (дополнительные для курса 94 часа)**

1. Поясните термин «каскадное» развитие аварии.
2. Назовите основные причины повреждения котлов.
3. Назовите наиболее повреждаемые элементы турбинного оборудования.
4. Чем опасны повреждения вспомогательного оборудования?
5. Какова роль персонала в развитии аварии?
6. Зачем расследуют причины аварий?
7. Что называется аварией?
8. Какие технологические нарушения относят к инцидентам?
9. Что изучается при расследовании технологических нарушений?
10. Назовите классификационные признаки организационных причин нарушения.
11. Каким документом оформляется расследование технологического нарушения?
12. Что называется отказом?
13. Какие показатели безотказности наиболее применимы?
14. Как изменяется во времени интенсивность отказов?
15. Как измеряют поток отказов?
16. Назовите комплексные показатели надежности.
17. Как определить недоотпуск электроэнергии?
18. Что показывает сумма вероятностей независимых событий?
19. Что определяет произведение вероятностей событий?
20. Как получить функцию распределения случайной величины?
21. Как строится гистограмма, как она связана с плотностью распределения?
22. Какие законы распределения Вам известны?
23. Чему равно математическое ожидание центрированной случайной величины?
24. Поясните последовательность расчета показателей надежности тепловой схемы станции.
25. Как определить эквивалентный показатель частоты отказов нескольких последовательных элементов структурной схемы?
26. То же для двух параллельных элементов?
27. Как определить величину остаточного ресурса оборудования?
28. Как изменяется остаточный ресурс для плановоремонтируемого оборудования?

29. Как изменяется при эксплуатации величина остаточного ресурса оборудования?
30. Как осуществляется пуск в эксплуатацию энергетических объектов?
31. Какие требования к персоналу предъявляют правила эксплуатации?
32. В чем заключается периодическое техническое освидетельствование энергетического оборудования?

## УЧЕБНЫЙ БЛОК

### «Повышение эффективности и надежности эксплуатации паротурбинного оборудования типовых конденсационных ПТУ ТЭС РФ типа К-300-23,5 (ЛМЗ) и теплофикационных ПТУ типа Т-100-12,8 (ТМЗ) и Т-250/300-23,5 (ТМЗ)»

Цель:

- 1) ознакомление слушателей с основными особенностями тепловых схем и эксплуатационных режимов типовых конденсационных ПТУ ТЭС РФ типа К-300-23,5 (ЛМЗ) и теплофикационных ПТУ типа Т-100-12,8 (ТМЗ) и Т-250/300-23,5 (ТМЗ);
- 2) ознакомление слушателей с основными методами проведения пусковых (остановочных) режимов на основе положений действующих законодательных и нормативно-технических документов РФ с целью повышения энергоэффективности работы паротурбинного оборудования ТЭС на переменных режимах

Категория слушателей: специалисты энергетических предприятий, занятые при эксплуатации паротурбинного оборудования

Срок обучения: 22 часа.

Форма обучения: с отрывом от работы.

№ п/п	Наименование разделов, дисциплин и тем	Всего, час	В том числе			
			лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	Зачёт
1	2	3	4	5	6	7
1	Особенности тепловых и пусковых схем типовых конденсационных ПТУ ТЭС РФ типа К-300-23,5 (ЛМЗ) и теплофикационных ПТУ типа Т-100-12,8 (ТМЗ) и Т-250/300-23,5 (ТМЗ)	8	8			
2	Основные технологические принципы организации режимов пуска и останова типовых конденсационных ПТУ ТЭС РФ типа К-300-23,5 (ЛМЗ) и теплофикационных ПТУ типа Т-100-12,8 (ТМЗ) и Т-250/300-23,5 (ТМЗ) Краткая характеристика режимов пуска и останова. Графики-задания пуска ПТУ из различных тепловых состояний и ее останова.	8	8			



3	Анализ пусков и остановов. Порядок оценки качества пусков и остановов. Критерии надежности пусков и остановов.	4	4			
	Зачёт	2				2
Итого		22	20			

**Аннотации**  
**лекционных и практических занятий к учебному блоку по теме**

**Тема № 1. Особенности тепловых и пусковых схем типовых конденсационных ПТУ ТЭС РФ типа К-300-23,5 (ЛМЗ) и теплофикационных ПТУ типа Т-100-12,8 (ТМЗ) и Т-250/300-23,5 (ТМЗ)**

- Состав и назначение основного оборудования тепловых и пусковых схем типовых конденсационных ПТУ ТЭС РФ типа К-300-23,5 (ЛМЗ) и теплофикационных ПТУ типа Т-100-12,8 (ТМЗ) и Т-250/300-23,5 (ТМЗ)
- Явления, возникающие в турбине при нестационарных режимах. Температурные напряжения, трещины малоциклового усталости, продольное расширение или сокращение ротора относительно статора, тепловой изгиб ротора, деформация корпуса вследствие несимметричного прогрева.

**Тема № 2. Основные технологические принципы организации режимов пуска и останова типовых конденсационных ПТУ ТЭС РФ типа К-300-23,5 (ЛМЗ) и теплофикационных ПТУ типа Т-100-12,8 (ТМЗ) и Т-250/300-23,5 (ТМЗ)**

**Краткая характеристика режимов пуска и останова. Графики-задания пуска ПТУ из различных тепловых состояний и ее останова.**

- Классификация пусков. Пуск из холодного состояния и его особенности, пуск из горячего состояния и его особенности, пуск из неостывшего состояния и его особенности. Основной принцип проведения пусков. Скорость пуска. неполадки и дефекты, препятствующие пуску.
- Особенности пуска неблочных ПТУ - использование пара номинальных параметров. Прогрев паропроводов. Пусковая схема неблочных ПТУ. Особенности. Дренажные коллекторы: высокого, среднего и низкого давления. Пуск неблочной ПТУ из холодного состояния. Основные этапы пуска, их особенности, графики пуска.
- Особенности пусков блоков. Пуск блочных ПТУ из холодного состояния. Пусковые схемы блоков. Пусковая схема блока с барабанным котлом. Пусковая схема с прямоточным котлом.

- Особенности пусков теплофикационных турбоустановок. Включение теплофикационной установки.

**Тема № 3. Анализ пусков и остановов. Порядок оценки качества пусков и остановов. Критерии надежности пусков и остановов.**

- Порядок организации работ по анализу качества пусков (остановов) основного теплоэнергетического оборудования с барабанными (в том числе с поперечными связями) и прямоточными котлами, конденсационными и теплофикационными турбинами, установленными в России;

- Комплект типовых документов, используемых для оценки качества пуска (останова) основного теплоэнергетического оборудования

Режимная карта пуска (номограмма)

Графики-задания пуска из различных тепловых состояний и его останова

Сетевой график выполнения операций при подготовке к пуску

Пусковые ведомости переключений в технологических схемах

Ведомости переключений в технологических схемах при останове

Пусковая ведомость состояния технологических защит

Таблица критериев надежности работы оборудования

**Контрольные вопросы к темам для аттестации слушателей к учебному блоку  
«Повышение эффективности и надежности эксплуатации паротурбинного  
оборудования типовых конденсационных ПТУ ТЭС РФ типа К-300-23,5 (ЛМЗ) и  
теплофикационных ПТУ типа Т-100-12,8 (ТМЗ) и Т-250/300-23,5 (ТМЗ)» (22 часа)**

1. В чем состоит отличие конденсационных режимов от теплофикационных? В чем отличие работы по тепловому графику от работы по электрическому графику?
2. В чем состоит принципиальное отличие стационарных режимов от нестационарных?
3. Перечислите основные нестационарные режимы турбоустановки.
4. Назовите узлы и детали турбины, на надежность которых следует обращать внимание в первую очередь при работе турбины с изменяющимся пропуском пара.
5. Какие основные явления, угрожающие длительной безопасной работе, возникают в турбине при нестационарных режимах?
6. Назовите основной принцип проведения пусковых операций.
7. Перечислите неполадки, без устранения которых пуск турбоустановки не допускается.
8. В чем состоит главная особенность пуска турбин неблочного типа?
9. Как устроен дренажный трубопровод? Чем грозит неисправность конденсаторо-отводчика?
10. Зависят ли температурные напряжения, возникающие в паропроводе при конденсации, от температуры поступающего пара?
11. Для какой цели устанавливают эжектор циркуляционной системы?
12. Перечислите основные операции, производимые при пуске конденсационной установки.
13. Чем различаются пуски конденсационной установки для неблочной и блочной ПТУ?
14. Почему в конденсационных турбинах перед пуском создают вакуум?
15. В каком положении должна быть арматура главных паропроводов при проверке системы регулирования перед разворотом турбины?
16. Почему рациональнее производить пуск турбины при полностью открытых регулирующих клапанах, а не путем их последовательного открытия?
17. С какой целью при развороте ротора турбины производят выдержки при постоянной частоте вращения? Из каких соображений выбирают эти частоты?

18. За какими разностями температур в корпусе турбины необходимо следить в процессе пуска и нагружения?
19. В чем состоит главная особенность пуска блочных турбин по сравнению с неблочными?
20. Назовите основные функции БРОУ.
21. Почему стремятся ограничить время работы турбины на холостом ходу?
22. В чем преимущества однобайпасной пусковой схемы перед двухбайпасной?
23. От каких источников пара на первых этапах пуска питаются турбины питательных насосов, деаэрактор и паровые эжекторы?
24. В чем состоит главное отличие растопки прямоточного котла от растопки барабанного?
25. Почему требуется предпусковой прогрев тракта промежуточного перегрева? Какими средствами он выполняется в двухбайпасной и однобайпасной пусковых схемах?
26. Изложите последовательность основных операций при пуске турбины из холодного состояния.
27. Назовите основные этапы пуска теплофикационной установки.
28. Почему при остановке турбины происходит относительное сокращение ротора?
29. Почему относительное сокращение ротора более опасно, чем его относительное удлинение?
30. Назовите технологические способы, с помощью которых не допускают значительных относительных сокращений ротора.
31. Почему турбоагрегаты не разгружают путем полного сброса нагрузки?
32. Можно ли сразу же после воздействия кнопкой выключения на систему регулирования и защиты отключать генератор от сети?
33. Почему при остановке турбины обязательно снимается кривая выбега?
34. Когда турбину останавливают с расхолаживанием?
35. Какой выигрыш получается при ускоренном расхолаживании турбины?
36. Когда следует использовать аварийную остановку со срывом вакуума, а когда без срыва?
37. Почему при аварийной остановке со срывом вакуума не допускается работа БРОУ на пускоприемное устройство конденсатора?
38. Почему после полного выбега ротора необходимо включать валоповоротное устройство?
39. Почему при работе на валоповоротном устройстве после выбега ротора необходимо прокачивать масло через подшипники?

40. В чем состоит основная трудность пуска неблочной турбины из горячего состояния?
41. Назовите принципы, которыми следует руководствоваться при пуске горячей турбины.
42. Почему при пуске из горячего состояния разворот и нагружение турбины следует производить очень быстро?
43. Назовите, в чем основная трудность пуска блочных установок из горячего и остывшего состояний.

## ЛИТЕРАТУРА

### Учебники и учебные пособия

1. Трухний А.Д. Стационарные паровые турбины. 1990.
2. Трухний А.Д., Ломакин Б.В. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки. 2002.
3. Костюк А.Г., Фролов В.В., Булкин А.Е., Трухний А.Д. Паровые и газовые турбины для ЭС. 2008.
4. Пособие для изучения ПТЭ ЭС и сетей. Тепломеханическая часть. 1999.
5. Б.Э. Капелович «Эксплуатации паротурбинных установок», Москва, Энергоатомиздат, 1985 г.
6. «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей», Москва, Энергоатомиздат, 1989 г.
7. В.Я. Гиршфильд и др., «Режимы работы и эксплуатации ТЭС», Москва, Энергия, 1989 г.
8. Бененсон Е.И., Иоффе Л.С. Теплофикационные паровые турбины. Москва, Энергоатомиздат, 1986 г.
9. Качан А.Д. Режимы работы и эксплуатации тепловых электрических станций. Минск. 1978 г.
10. Самойлович Г.С., Трояновский Б.М. Переменный режим работы паровых турбин. 1974 г.

### Технические и профессиональные справочники, обеспечивающие практическую деятельность по дисциплине.

1. Руководящие указания по анализу качества пуска (останова) основного теплоэнергетического оборудования ТЭС. РД 153-34.0-20.585-00
2. Методические указания по проведению экспресс-испытаний паровых турбин ТЭС. РД 153-34.1-30.311-96
3. Типовая инструкция по пуску из различных тепловых состояний и останову моноблока мощностью 800 МВт с котлом ТГМП-204 и турбиной К-800-240-3. СО 153-34.25.506 (РД 34.25.506)
4. Типовая инструкция по пуску из различных тепловых состояний и останову моноблока мощностью 250 МВт с турбиной Т-250/300-240 и газомазутными котлами. РД 153-34.1-25.507-97

5. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. 2003.

Декан ФПКПС МЭИ

Крюков А.П.

Автор

Дмитриев С.С.