

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

**МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

СОВЕТ МЭИ ПО ДИСТАНЦИОННОМУ ОБУЧЕНИЮ

ИНСТИТУТ ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЯ И МЕХАНИКИ (ЭнМИ)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор МЭИ

_____ Маслов С.И.
«__» _____ 20 г.

Направление подготовки: Энергетика

Квалификация (степень) выпускника: повышение квалификации

Формы обучения: очная, дистанционная

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

" «Модернизация паротурбинных установок с целью повышения надежности и снижения уровня удельных расходов топлива в условиях эксплуатации» "

Цикл:	повышение квалификации	
Часть цикла:	повышение квалификации	
№ дисциплины по учебному плану:	повышение квалификации	
Часов (всего) по учебному плану:	144	
Трудоемкость в зачетных единицах:		
Лекции	56 час	
Практические занятия	4 час	
Лабораторные работы	12 час	Не предусмотрено
Расчетные задания, рефераты	0 час	Не предусмотрено
Объем самостоятельной работы по учебному плану (всего)	72 час	
Зачет	2 час	
Курсовые проекты (работы)	Не предусмотрено	

Москва – 2011

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Целью повышения квалификации является изучение основ теории и методики расчетов тепловых процессов, принципов конструирования необходимых для модернизации паротурбинных установок длительное время находящихся в эксплуатации.

По завершению повышения квалификации слушатель способен и готов:

- Обобщать, анализировать, воспринимать информацию, ставить цели и выбирать пути ее достижения (ОК-1)
- анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования (ПК-6);
- принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании объектов энергетического машиностроения (ПК-10);
- Способность и готовность проводить анализ работы объектов профессиональной деятельности (ПК-19).

Задачами повышения квалификации являются:

- познакомить слушателя с основами теории паротурбинных установок;
- дать представление о физических процессах в паротурбинных установках длительное время находящихся в эксплуатации;
- научить принимать и обосновывать конкретные технические решения по модернизации паротурбинных установок в условиях эксплуатации.

2. МЕСТО ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ В СТРУКТУРЕ

ООП ВПО

Программа базируется на дисциплинах "Термодинамика", "Механика жидкости и газа" и "Энергетические машины и установки", 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 программы, необходимы слушателям при выполнении работ по модернизации паротурбинных установок длительного время находящихся в эксплуатации, а также в своей профессиональной деятельности.

Программа может быть также применена как дисциплина вариативной части профессионального цикла Б.3 основной образовательной программы подготовки бакалавров по профилю "Газотурбинные, паротурбинные

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

В результате повышения квалификации, обучающиеся должны демонстрировать следующие результаты образования:

Знать:

- основные источники научно-технической информации по паротурбинным установкам (ОК-7, ПК-6);
- конструкцию с элементами технологии изготовления основных элементов паротурбинных установок (ПК-10);

Уметь:

- осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и изучать отечественный и зарубежный опыт по паротурбинным установкам (ПК-6);
- анализировать работу паротурбинных установок (ПК-19).

Владеть:

- терминологией в области паротурбинных установок (ОК-2);
- навыками поиска информации о паротурбинных установках (ПК-6);
- информацией о технических параметрах паротурбинных установок для использования при конструировании (ПК-17);

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

4.1 Структура повышения квалификации

Общая трудоемкость повышения квалификации составляет 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу слушателей и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по разделам)
			лк	пр	лаб	сам.	
1	2	3	5	6	7	8	9
1	Типы паротурбинных установок, состав оборудования, применение в энергетике.	6	4		-	2	
2	Преобразование энергии в турбинной ступени. Многоступенчатые паровые турбины	72	28	4	-4	36	
3	Типовые конструкции элементов паровых турбин.	24	12		-	12	
4	Принципы эксплуатации паротурбинных установок	24	8		-4	12	
5	Инновационные технические решения по повышению эффективности и надежности паровых турбин.	12	2		-4	6	
6	Повышение эффективности конденсационной установки	4	2	-	-	2	
	Зачет	2	-	-	-	2	
	Итого:	144	56	4	12	72	

4.2 Содержание лекционно-практических форм обучения

4.2.1. Лекции:

1. Типы паротурбинных установок, состав оборудования, применение в энергетике.

Принципиальные схемы ПТУ и их классификация. Классификация ПТУ различного назначения. Преимущества и недостатки ПТУ, применение в энергетике. Основные показатели экономичности.

2. Преобразование энергии в турбинной ступени. Многоступенчатые паровые турбины.

Ступени турбомашин, их типы, характеристики. Приложение уравнений МЖГ к турбомашинам, решетки профилей. Тепловой процесс в ступени паровой турбины: изображение в h - s -диаграмме, степень реактивности. Активные и реактивные ступени. Баланс потерь. Условия достижения максимального КПД ступени. Ступени скорости: Парциальный подвод пара. Оптимальная степень парциальности. Влияние верности. Дополнительные потери в ступени турбомашины: потери на трение диска, потери от утечек и влажности. Снижение потерь от влажности, особенности ступеней турбин АЭС.

Многоступенчатые турбомашины. Преимущества и недостатки многоступенчатых турбин. КПД ступени и многоступенчатой паровой турбины. Предельная мощность однопоточной паровой турбины. Осевые усилия в многоступенчатых турбомашинах. Системы парораспределения паровых турбин: сопловое, дроссельное; обводное. Влияние параметров пара на конструкцию и экономичность ПТУ.

3. Типовые конструкции элементов паровых турбин. Особенности конструкции паротурбинных установок различного назначения

Уплотнения, патрубки, регулирующие клапаны; диафрагмы. Конструкции современных паровых турбин нового поколения различного назначения. Конструкции паровых турбин. Система опирания статора турбины К-300-240 на фундамент. Организация тепловых расширений турбины К-300-240.

Конструкция роторов высокого, среднего и низкого давления турбины К-300-240. Конструкция опорных подшипников паровых турбин.

4. Принципы эксплуатации паротурбинных установок

Принципы рациональной эксплуатации. Пусковые схемы. Эксплуатационные режимы. Контроль параметров паротурбинной установки.

5. Инновационные технические решения по повышению эффективности и надежности паровых турбин

Современные конструкции и принципы проектирования диффузорных элементов проточных частей турбомашин, снижение гидравлического сопротивления систем парораспределения, выхлопных, переходных патрубков, уменьшение потерь с выходной скоростью. Применение 3D профилирования лопаточного аппарата. Комбинация активного и реактивного облапачивания.

Выбор конструкции диафрагменных, надбандажных и концевых уплотнений, условия рационального применения сотовых вставок. Выбор размеров и проектирование выхлопных отсеков паротурбинных установок.

Преимущества применения сварных роторов паровых турбин, компоновка паротурбинной установки, выбор конструкции и числа цилиндров, осевой выхлоп.

Проблемы перехода на сверхвысокие параметры пара, применение второго промежуточного перегрева.

6. Повышение эффективности конденсационной установки

Конденсационные установки паровых турбин. Принципиальная схема конденсационной установки. Устройство конденсатора. Тепловые процессы

в конденсаторе. Тепловой баланс конденсатора. Характеристики конденсатора при переменном режиме работы. Проблемы обеспечения надежности элементов конденсатора. Конструкции конденсаторов. Распределение параметров в конденсаторе. Сопротивление по паровому и водяному трактам. Переохлаждение конденсата. Причины и последствия. Воздушная и водяная плотности конденсатора. Деаэрация в конденсаторе. Устройство воздушных конденсаторов. Достоинства и недостатки воздушных конденсаторов. Конструкции воздушных конденсаторов. Примеры их применения.

4.2.2. Практические занятия

1. Конструкция ступени паровой турбины.
2. Определение характеристик ступени. Применение программ расчета для проектирования паровых турбин.
3. Методика теплового расчета ступени, выбор параметров для проектирования.
4. Переменный режим работы ступени

4.3. Лабораторные работы

- 1. Современные системы диагностики турбоагрегата.*
- 2. Современные методики проведения аэродинамического эксперимента по совершенствованию элементов проточных частей паровых турбин.*

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекционные занятия проводятся в форме лекций с использованием презентаций. Презентации лекций содержат материалы по конструкциям паротурбинных установок, а также графики и диаграммы (приложение 1).

Практические занятия включают тестирование.

Самостоятельная работа включает самостоятельное изучение по методикам дистанционного обучения материала, обработку результатов лабораторных работ, консультации с преподавателем, в том числе по электронной почте, подготовку к собеседованиям и зачету.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для текущего контроля успеваемости используются контрольные опросы, собеседование.

Вопросы по курсу

1. В чем отличие понятий паротурбинная и паросиловая установка?
2. Какие экономические показатели характеризуют экономичность энергетических установок различного типа?
3. Сформулируйте показатели экономичности для теплофикационной паротурбинной установки?
4. Как преобразуется энергия сжигаемого топлива в электроэнергию в энергетических установках различного типа?
5. Как влияет давление в конденсаторе на экономичность ПТУ?
6. Зачем применяется промежуточный перегрев пара в ПТУ?
7. Какие параметры влияют на давление в конденсаторе ПТУ?
8. Почему уменьшается расход пара через паровую турбину от паровпуска до конденсатора?
9. Какое влияние оказывает температура наружного воздуха на мощность и экономичность ПТУ?
10. Почему в ПТУ начальное давление пара нельзя изменять независимо от начальной температуры?
11. От каких параметров зависит термический КПД паротурбинной установки?
12. Зачем нужна система регенерации в ПТУ?

13. Как изображается процесс течения пара в паровой турбине в $h-s$ диаграмме?
14. Методика расчета основных характеристик обратимого цикла ПТУ?
15. Особенности расчета характеристик рабочего тела с учетом изменения температуры.
16. Как определяются характеристики действительного цикла ПТУ.
17. Назовите основные элементы конструкции паровой турбины.
18. Назначение и принцип действия элементов тепловой схемы паротурбинной установки.
19. Расчет характеристик цикла ПТУ.
20. Тепловой цикл простейшей ПТУ.
21. Термический КПД цикла.
22. Влияние параметров цикла на характеристики ПТУ.
23. Сформулируйте показатели экономичности ПТУ.
24. Коэффициенты полезного действия турбины, паросиловой установки и электростанции.
25. Какие особенности имеет ПТУ с регенерацией.
26. Почему применение регенеративного подогрева для повышения экономичности ПТУ.
27. Зачем применяется промежуточный перегрев пара.
28. Как выбираются параметры промежуточного перегрева.
29. Расчет характеристик паротурбинной установки с промежуточным перегревом пара.
30. Для каких параметров пара применяют паротурбинные установки с несколькими промежуточными пароперегревателями.
31. Расчет характеристик, показателей экономичности ПТУ с теплофикационными отборами.
32. Выбор начальных и конечных параметров пара при проектировании ПТУ.
33. Написать формулу для определения мощности ПТУ с промперегревом и регенерацией.
34. Чему равно допустимое значение влаги за последней ступенью турбины?.

35. Особенности расчета тепловой нагрузки для теплофикационной парогазовой установки.

36. Как определяется давление в конденсаторе паротурбинной установки?

37. В чем преимущества комбинированной выработки тепловой и электрической энергии.

Аттестация по программе – зачет.

Оценка за освоение дисциплины «зачтено».

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Литература:

а) основная литература:

1. А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний Паровые и газовые турбины для электростанций, Москва, Издательский дом МЭИ, 2008 г., 556с.
2. А.Д.Трухний, Б.В. Ломакин Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки М. Издательство МЭИ, 2002г., 540с.
3. Б.М. Трояновский, Г.А. Филиппов, А.Е. Булкин Паровые и газовые турбины атомных электростанций, Москва, Энергоатомиздат, 1985, 253с.
4. А.В.Щегляев. Паровые турбины. Теория теплового процесса и конструкции турбин: Учеб. для вузов: В 2 кн. - 6-е изд., перераб. и подгот. к печати Б.М.Трояновским - М.: Энергоатомиздат, 1993. – 384с. и 416 с.: ил.
5. Паровые и газовые турбины. Сборник задач/Б.М. Трояновский, Г.С. Самойлович, В.В. Нитусов, А.И. Занин. М.: Энергоатомиздат, 1987.

б) дополнительная литература:

1. Александров А.А., Григорьев Б.А. Очков В.Ф. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. М: Изд-во МЭИ, 1999.
2. К.В. Холщевников, О.Н. Емин, В.Т. Митрохин. Теория и расчет авиационных лопаточных машин. 2-е изд. перераб. и доп. М.:Машиностроение,1986. 432с.
3. Трухний А.Д., Крупенников Б.Н., Петрунин С.В. Атлас конструкций деталей турбин. - М.: Изд-во МЭИ, 1999. - 148 с., ил.
4. Грибин В.Г., Дмитриев С.С., и др. Учебное пособие Изд-во МЭИ, 2008г.

7.2. Электронные образовательные ресурсы:

- а) программное обеспечение кафедры ПГТ;
- б) лицензионное программное обеспечение и Интернет-ресурсы: Thermoflow -программа для расчета тепловых схем энергетических установок; www.power-m.ru; www.utz.ru; www.turboatom.com.ua.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения освоения дисциплины необходимо наличие учебной аудитории, снабженной мультимедийными средствами для презентации лекций, учебные лаборатории.

Программа составлена в соответствии с *требованиями ФГОС ВПО* и с учетом рекомендаций ПрООП ВПО по направлению подготовки 141100 «Энергетическое машиностроение» и профилю «Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели».

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

д.т.н., профессор

Грибин В.Г..