

**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**  
*«Эксплуатация и обслуживание газотурбинного оборудования на  
базе авиационных ГТД»*

<b>Цикл:</b>	повышение квалификации	
<b>Часть цикла:</b>	повышение квалификации	
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	повышение квалификации	
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144</b>	
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>		
<b>Лекции</b>	<b>60 час</b>	
<b>Практические занятия</b>	<b>8 час</b>	
<b>Лабораторные работы</b>	<b>4 час</b>	Не предусмотрено
<b>Расчетные задания, рефераты</b>	<b>0 час</b>	Не предусмотрено
<b>Объем самостоятельной работы по учебному плану (всего)</b>	<b>72 час</b>	
<b>Зачет</b>	<b>4 час</b>	
<b>Курсовые проекты (работы)</b>	Не предусмотрено	

**Москва – 2011**

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ**

**Целью повышения квалификации является** изучение основ теории и методики расчетов тепловых процессов, принципов эксплуатации необходимых для обслуживания газотурбинных энергетических установок, выполненных на базе авиационных газотурбинных двигателей.

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);
- способность и готовность проводить анализ работы объектов профессиональной деятельности (ПК-19).

**Задачами повышения квалификации являются:**

- познакомить слушателя с основами теории газотурбинных установок;
- дать представление о физических процессах в энергетических газотурбинных установках;
- анализировать параметры работы газотурбинной установки необходимые для эксплуатации оборудования;
- изучить конструкцию и основные регламентные работы для обеспечения безаварийной работы ГТУ.

## **2. МЕСТО ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ В СТРУКТУРЕ**

### **ООП ВПО**

Программа базируется на дисциплинах "Термодинамика", "Механика жидкости и газа", "Энергетические установки" 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

курсов повышения квалификации и профессиональной переподготовки в своей профессиональной деятельности, а также при выполнении работ по эксплуатации и обслуживанию газотурбинного оборудования на базе авиационных ГТД.

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

### **3. РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

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

#### **Знать:**

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

#### **Уметь:**

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

#### **Владеть:**

- терминологией в области газотурбинных установок (ОК-2);
- навыками поиска информации о газотурбинных установках (ПК-6);
- информацией о технических параметрах газотурбинных установок (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	Принцип действия, схема и параметры экономичности ГТУ, состав оборудования, применение в энергетике.	6	4		-	2	
2	Рабочий процесс в газовой турбине и компрессоре Рабочий процесс в камере сгорания и влияние основных параметров ГТУ на экономичность и надежность Организация охлаждения высокотемпературной части ГТУ	36	12	6		18	Собеседование
3	Типовые конструкции элементов газотурбинных установок. особенности газотурбинных установок LM2500 + vestra 40. Устранение типичных неполадок.	24	10	2	-	12	Тест
4	Характеристики потребителей мощности ГТУ, вспомогательное оборудование.	12	6			6	
5	Требования к топливу. Системы топливо,	16	8			8	Тест

	маслоснабжения, автоматического регулирования и защиты ГТУ						
6	Эксплуатация газотурбинных установок. Переменные и переходные режимы работы ГТУ, устойчивость работы компрессора. Особенности эксплуатации в условиях влажного морского воздух.	34	12		4	18	Собеседование
7	Типичные аварии и неполадки при эксплуатации ГТУ.	8	4	-	-	4	
	Зачет	8	-4	-	-	4	
	Итого:	144	60	8	4	72	

## 4.2 Содержание лекционно-практических форм обучения

### 4.2.1. Лекции:

1. Принцип действия, схема и параметры экономичности ГТУ, состав оборудования, применение в энергетике.

Принцип действия, схемы ГТУ. Состав ГТУ, тепловая схема ГТУ. Влияние параметров на основные показатели ГТУ, критерии экономичной и надежной работы ГТУ.

2. Рабочий процесс в газовой турбине и компрессоре Рабочий процесс в камере сгорания и влияние основных параметров ГТУ на экономичность и надежность Организация охлаждения высокотемпературной части ГТУ.

Рабочий процесс в газовой турбине и компрессоре Ступени турбомашин, их типы, характеристики. Приложение уравнений МЖГ к турбомашинам, решетки профилей. Работа турбиной и компрессорной ступени. Решетки профилей и потери. Многоступенчатые осевые компрессоры и газовые турбины. Характеристики компрессора и газовой турбины. Параметры, определяющие режим работы компрессора и турбины. Показатели экономичности компрессора и газовой турбины. Влияние изменения

температуры и давления атмосферного воздуха на эксплуатационные свойства ГТУ. Рабочий процесс в камере сгорания и влияние основных параметров ГТУ на экономичность и надежность. Горение топлива в камере сгорания ГТУ. Первичный и вторичный воздух. Конструкции камер сгорания, горелок, форсунок. Температура газа. Охлаждение КС. Напряженность элементов камер сгорания ГТУ. Материалы деталей КС.

### 3. Типовые конструкции элементов газотурбинных установок. особенности газотурбинных установок LM2500 + vectra 40. Устранение типичных неполадок

Общие сведения, конструкция роторов газовой турбины и компрессора, камера сгорания, подшипники, система охлаждения, конструкция силовой турбины. Уплотнения, патрубки, организация тепловых расширений. Примеры конструкции корпусов ГТУ, их основные элементы. Расположение и особенности конструкции подшипников. Особенности конструкции сборных роторов. Организация отбора воздуха из промежуточных ступеней компрессора для охлаждения сопловых, рабочих лопаток и дисков турбины

Направляющие лопатки компрессора, их конструкция, крепление направляющих лопаток в корпусе компрессора. Особенности конструкции поворотных направляющих лопаток, привод поворотных лопаток.

Расположение антипомпажных клапанов и отборов охлаждающего воздуха от промежуточных ступеней компрессора.

### 4. Характеристики потребителей мощности ГТУ, вспомогательное оборудование

Особенности работы ГТУ с электрогенератором, характеристики различных потребителей мощности ГТУ. Фильтры, система подвода воздуха к компрессору. Комплексные воздухоочистительные устройства.

### 5. Требования к топливу. Системы топливо, маслоснабжения, автоматического регулирования и защиты ГТУ

Жидкое топливо и газообразное топливо, требования к качеству топлива. Влияние свойств топлива на работу ГТУ. Системы топливоснабжения. Подготовкам топлива. Ограничения в работе ГТУ.

Контроль параметров ГТУ. Принципы работы систем автоматического регулирования и защиты. Требования к качеству масла. Системы маслоснабжения.

6. Эксплуатация газотурбинных установок. Переменные и переходные режимы работы ГТУ, устойчивость работы компрессора. Особенности эксплуатации в условиях влажного морского воздуха.

Обслуживание ГТУ на эксплуатационных режимах. Пуск и останов ГТУ. Контроль параметров при пуске. Случаи, при которых пуск ГТУ недопустим. Регламентные работы. Критерии нормальной работы ГТУ. Параметры определяющие состояние установки и основных её элементов. Принципы диагностики ГТУ. Вибрационная диагностика. Обязанности обслуживающего персонала при эксплуатации ГТУ.

7. Типичные аварии и неполадки при эксплуатации ГТУ.

Надежность и срок службы ГТУ, комплексные показатели оценки надежности. Показатели оценки условий эксплуатации, сроки службы ГТУ различных типов, характерные величины отдельных показателей надежности ГТУ. Критерии надежной работы, основные контролируемые параметры определяющие состояние ГТУ. Анализ данных диагностики ГТУ. Аварии и отказы ГТУ в эксплуатации. Причины их возникновения в компрессорах, газовых турбинах и камерах сгорания. Нарушения в работе систем топливоснабжения, автоматического регулирования и защиты.

## **8. Примеры конструкций ГТУ и ее элементов**

### **4.2.2. Практические занятия**

1. Рабочий процесс в газовой турбине и компрессоре
2. Рабочий процесс в камере сгорания и влияние основных параметров ГТУ на экономичность и надежность
3. Организация охлаждения высокотемпературной части ГТУ.

4. Типовые конструкции элементов газотурбинных установок.

### **4.3. Лабораторные работы**

*1.Современные системы вибродиагностики турбоагрегата.*

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**Лекционные занятия** проводятся в форме лекций с использованием презентаций. Презентации лекций содержат материалы по газотурбинным установкам по теме курсов повышения квалификации ( 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 тесты, собеседование.

Аттестация по программе – зачет.

Оценка за освоение дисциплины «зачтено».

### **Вопросы для контроля по программе**

- 1.Какие преимущества и недостатки газотурбинного цикла ГТУ?
- 2.Какие экономические показатели характеризуют экономичность энергетических установок различного типа?
- 3.Как преобразуется энергия сжигаемого топлива в электроэнергию в энергетических установок различного типа?
- 4.Как влияет температура уходящих газов из ГТУ на технические показатели?
- 5.Какое влияние оказывает температура наружного воздуха на мощность и экономичность ГТУ?



6. Основные характеристики определяющие экономичность эксплуатации ГТУ?
7. Какие параметры оказывают влияние на экономичность ГТУ?
8. Влияние степени сжатия на характеристики ГТУ?
9. Влияние отношения температур на оптимальную степень сжатия ГТУ?
10. Определение для рабочих процессов в ГТУ?
11. Как определяется оптимальная степень сжатия для компрессора ГТУ.
12. Как изменяется температура рабочего тела по проточной части ГТУ.
13. Как определяются показатели экономичности ГТУ.
14. Контроль параметров рабочего тела газотурбинной установки.
15. Влияние отклонений значений КПД компрессора и турбины на характеристики ГТУ.
16. Влияние гидравлического сопротивления утечек и механического КПД.
17. Особенности конструкции ГТУ с охлаждением.
18. Конструкция газовой турбины
19. Конструкция компрессора
20. Конструкция камеры сгорания
21. Назначение и конструкция КВОУ
22. Конструкция выхлопных патрубков ГТУ
23. Контроль работы системы охлаждения ГТУ.
24. Пути повышения эффективности эксплуатации ГТУ.
25. Характеристики и особенности эксплуатации ГТУ с регенерацией.
26. Применение промежуточного охлаждения компрессора и промежуточных камер сгорания в газовой турбине.
27. Чем определяется выбор места в проточной части установки для организации впрыска воды.
28. Учет влияния температуры на характеристики ГТУ.
29. Влияние системы охлаждения на удельный расход топлива ГТУ.
30. Критерии безопасной эксплуатации ГТУ.

31. Назначение и эксплуатационные режимы компрессора с поворотным направляющим аппаратом.
32. Обеспечение устойчивой работы компрессора на частичных режимах работы.
33. Требования к маслу, эксплуатация системы подготовки масла.
34. Последовательность операций при пуске и останове ГТУ.
35. Контроль рабочих параметров на режимах пуска и остановки ГТУ.
36. Действие персонала при повышенной вибрации ГТУ.
37. Система защиты ГТУ.
38. Эксплуатация вспомогательного оборудования ГТУ.
39. Критерии надежной работы, основные контролируемые параметры определяющие состояние ГТУ.
40. Основные нарушения в работе систем топливоснабжения, автоматического регулирования и защиты ГТУ.
41. Показатели оценки качества эксплуатации и срок службы ГТУ.
42. Случаи, при которых пуск ГТУ недопустим.
43. Какие параметры определяют состояние ГТУ и основных её элементов.

## **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. 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. Елисеев Ю.С. и др. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок. М., Изд. МГТУ им. Баумана, 2000, 639с.

**б) дополнительная литература:**

1. Арсеньев Л.В, Комбинированные установки электростанций: Учеб. пособие – СПб.: СПбГГУ, 1993.
2. Арсеньев Л.В. и др. Стационарные газотурбинные установки. Справочник. Л.: Машиностроение. Ленингр. Отделение 1989. – 543 с.

**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](http://www.power-m.ru); [www.utz.ru](http://www.utz.ru); [www.turboatom.com.ua](http://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..