

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ПАРОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.02</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>1 семестр - 7;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>252 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>1 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>1 семестр - 32 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>1 семестр - 18 часов;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1 семестр - 165,2 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>1 семестр - 51,7 часа;</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>1 семестр - 4 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Расчетно-графическая работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Защита курсового проекта</b>	<b>1 семестр - 0,3 часа;</b>
<b>Экзамен</b>	<b>1 семестр - 0,5 часа;</b>
	<b>всего - 0,8 часа</b>

**Москва 2024**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Богомолова Т.В.
	Идентификатор	R21082b96-BogomolovaTV-4ebcd3f

Т.В. Богомолова

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Митрохова О.М.
	Идентификатор	R1d0f453c-FichoriakOM-ee811867

О.М.  
Митрохова

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Грибин В.Г.
	Идентификатор	R44612ca0-GribinVG-8231e2ff

В.Г. Грибин

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение теории и методики расчетов процессов в энергетических газотурбинных установках, принципов их конструирования

### Задачи дисциплины

- изучение современных тенденций развития паротурбостроения;
- приобретение первичных навыков выбора и обоснования конкретных технических решений при конструировании паротурбинных установок с учетом их целевого использования, работающих в заданном диапазоне режимов;
- овладение основами расчета и конструирования узлов и деталей паротурбинных установок с высокими показателями экономичности и надежности.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен к проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Выполняет расчеты и разрабатывает конструкцию объекта профессиональной деятельности	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- основы рабочих процессов в проточных частях паровых турбин;</li><li>- способы обеспечения соответствия проектируемых паротурбинных установок мировым стандартам и требованиям к их комплексной надежности;</li><li>- особенности паровых турбин утилизационных ПГУ;</li><li>- особенности расчета и проектирования ступеней большой верности.</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- разрабатывать конструкции конкурентоспособных энергетических установок с прогрессивными показателями качества;</li><li>- использовать методы расчета и проектирования ступеней большой верности;</li><li>- использовать методы расчета и проектирования деталей, узлов турбомашин и паротурбинных установок в целом с конкурентными показателями надежности и эффективности;</li><li>- пользоваться программными пакетами для газодинамических расчетов проточной части паровых турбин.</li></ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели (далее – ОПОП), направления подготовки

13.04.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Усовершенствование узлов и деталей паровых турбин	46	1	12	-	14	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр. 32-121 [4], стр. 60-212 [5], стр. 90-122, 147-150 [7], №2.7-2.13, 3.6-3.21, 4.14-4.23</p>
1.1	Усовершенствование узлов и деталей паровых турбин	46		12	-	14	-	-	-	-	-	20	-	
2	Расчет и проектирование последних ступеней паровых турбин	40		6	-	6	-	-	-	-	-	-	28	
2.1	Расчет и проектирование последних ступеней паровых турбин	40	6	-	6	-	-	-	-	-	-	28	-	
3	Развитие турбостроения для АЭС в свете государственной стратегии развития атомной энергетики в первой половине XXI	18	4	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 52-53</p>

	века																[2], стр. 10-24 [7], №1.12
3.1	Развитие турбостроения для АЭС в свете государственной стратегии развития атомной энергетики в первой половине XXI века	18	4	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-				
4	Пути повышения единичной мощности, экономичности и надежности паротурбинных установок на суперсверхкритические параметры пара	16	2	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-				<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [6], стр. 399-425 [7], №1.4-1.6, 1.8-1.9, 4.10
4.1	Пути повышения единичной мощности, экономичности и надежности паротурбинных установок на суперсверхкритические параметры пара	16	2	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-				
5	Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии	20	6	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-				<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
5.1	Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии	20	6	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-				[5], стр. 225 -238 [7], №1.7, 7.1-7.4
6	Паровые турбины на базе ПГУ с котлом утилизатором	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-				<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД)
6.1	Паровые турбины на	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-				

	базе ПГУ с котлом утилизатором												<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [6], стр. 294-309
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовой проект (КП)	72.0	-	-	-	16	-	4	-	0.3	51.7	-	
	Всего за семестр	252.0	32	-	32	16	2	4	-	0.8	131.7	33.5	
	Итого за семестр	252.0	32	-	32	18		4		0.8	165.2		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Усовершенствование узлов и деталей паровых турбин

#### 1.1. Усовершенствование узлов и деталей паровых турбин

Расчет и проектирование стопорных и регулирующих клапанов. Требования, предъявляемые к клапанам. Типы клапанов, их конструкции и допустимая скорость течения в клапанах. Процесс в  $h,s$ -диаграмме в клапанной системе. Потери энергии в клапанах, потери давления. Современные конструкции клапанов с разгрузкой. Конструктивные особенности и расчеты уплотнений: концевых, диафрагменных, штоков клапанов. Процесс в  $h,s$ -диаграмме в уплотнениях. Расчет утечек в уплотнениях. Потери от утечек во всех типах уплотнений. Сравнение активных и реактивных ступеней. Достоинства и недостатки активных ступеней. Их сравнение с реактивными ступенями. Примеры выполнения ЦВД с чисто реактивным облопачиванием. Расчет осевых усилий, действующих на ротор. Пространственное профилирование ступеней с лопатками небольшой длины. Причины, вызывающие необходимость пространственного профилирования. Примеры выполнения ЦВД и ЦСД с 3d профилированными лопатками. Выходные патрубки мощных паровых турбин. Требования, предъявляемые к патрубкам. Диффузоры патрубков. Процесс восстановления давления в  $h,s$ -диаграмме. Характеристики эффективности диффузоров. Мероприятия, улучшающие эффективность диффузоров. Структура течения в сборной камере. Конструкции патрубков.

### 2. Расчет и проектирование последних ступеней паровых турбин

#### 2.1. Расчет и проектирование последних ступеней паровых турбин

Основные уравнения для 3d расчета потока. Осесимметричный метод расчета турбинной ступени. Алгоритм расчета, программа расчета. Методы формирования пространственного течения в турбинной ступени большой веерности. Потери в турбинной ступени большой веерности. Особенности профилирования сопловых и рабочих лопаток. Двояковыпуклые профили МЭИ, профили периферийных сечений рабочих лопаток. Этапы проектирования последних ступеней паровых турбин.

### 3. Развитие турбостроения для АЭС в свете государственной стратегии развития атомной энергетики в первой половине XXI века

#### 3.1. Развитие турбостроения для АЭС в свете государственной стратегии развития атомной энергетики в первой половине XXI века

Основные направления технического перевооружения атомных электростанций. Перспективы развития атомной энергетики. Проблема повышения мощности энергоблоков и пути ее решения в России и за рубежом. Совершенствование турбин АЭС производства ЛМЗ. Особенности их проектирования. Выбор начального давления. Внешняя сепарация влаги и промежуточный перегрев. Тихоходные и быстроходные турбины, их сравнение. Продление срока службы паротурбинным установкам АЭС, выработавшим свой ресурс. Физическое и моральное старение оборудования и его последствия. Контроль состояния металла на электростанциях. Восстановительная термическая обработка паропроводов, роторов и корпусов турбин. Влияние влажности пара на экономичность и надежность турбин. Расчеты потерь энергии от влажности, методы повышения эффективности влажнопаровых турбинных ступеней. Способы влагоудаления, применяемые для снижения влажности в проточной части. Эрозионный износ деталей проточной части турбины и способы снижения этого износа.



#### 4. Пути повышения единичной мощности, экономичности и надежности паротурбинных установок на суперсверхкритические параметры пара

4.1. Пути повышения единичной мощности, экономичности и надежности паротурбинных установок на суперсверхкритические параметры пара

Применение новых технологий при техническом перевооружении угольных и газомазутных ТЭС. Усовершенствование конденсационных паротурбинных установок. Основные технические проблемы повышения начальных параметров пара. Зарубежные энергоблоки нового поколения. Проблемы перехода угольной энергетики России на суперсверхкритические параметры пара. Технические требования к котлам и паровым турбинам на суперсверхкритические параметры пара.

#### 5. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии

5.1. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии

Турбины с противодавлением. Диаграмма режимов для этих турбин. Требования, предъявляемые к теплофикационным турбинам с регулируемыми отборами пара, основные особенности проектирования таких турбин. Диаграмма режимов турбин с одним регулируемым отбором пара. Турбины с двумя регулируемыми отборами пара. Диаграмма режимов этих турбин. Турбины с отопительными отборами пара. Диаграмма режимов.

#### 6. Паровые турбины на базе ПГУ с котлом-утилизатором

6.1. Паровые турбины на базе ПГУ с котлом-утилизатором

Принципиальная схема, основные параметры и технико-экономические показатели современных парогазовых установок. Ограничения по внедрению парогазовых технологий. Пути увеличения единичной мощности и экономичности ПГУ. Особенности паровых турбин ПГУ с котлом-утилизатором.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Расчет характеристик тепловой схемы паротурбинной установки (2 часа);
2. Расчет числа ступеней и выбор основных размеров проточной части (2 часа);
3. Определение характеристик ступеней паровых турбин. Решение задач оптимизации размеров и характеристик турбинных ступеней (4 часа);
4. Оценка механических напряжений в рабочих лопатках. Расчет осевых усилий, действующих на ротор (4 часа);
5. Расчет дополнительных потерь энергии от парциальности, трения, от утечек, от влажности (2 часа);
6. Расчет и проектирование ступеней большой веерности при различных законах закрутки (6 часов);
7. Решение задач на определение характеристик паровых турбин различного назначения (12 часов).

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ** **1 Семестр**

Курсовой проект (КП)

Темы:

- Проект цилиндра высокого давления паровой турбины, имеющей заводской прототип

### График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 15	16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1, 2	3, 4	5, 6	7, 8	9, 10	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	15	20	40	20	5	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	15	35	75	95	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Расчет тепловой схемы, включающий определение расходов пара на турбину и в регенеративные отборы, а также утечки через концевые уплотнения. Определение интегральных характеристик ПТУ: электрической мощности и экономичности.
2	Выбор теплоперепада на регулируемую ступень, определение числа ступеней.
3	Расчет проточной части регулирующей ступени или первой нерегулируемой ступени (при отсутствии регулирующей).
4	Расчет последней нерегулируемой ступени
5	Прочностные расчеты, включающие определение механических напряжений в рабочей лопатке одной из ступеней, оценку вибрационной надежности этой лопатки, определение критической частоты вращения ротора по упрощенной формуле, а также расчет диска на прочность.
6	Конструкторский расчет проточной части ЦВД, выполненный при помощи ЭВМ в программе PGT в трех вариантах для выбора оптимального варианта.
7	Выполнение продольного разреза ЦВД с изображением верхней половины корпуса турбины и подшипников и внешнего вида нижней половины турбины и подшипников с необходимыми местными разрезами; выноски элементов уплотнений. и других элементов конструкции;
8	Выполнение поперечного разреза с изображением клапанов и одного из подшипников.
9	Оформление пояснительной записки.
10	Защита КП.

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)						Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	
<b>Знать:</b>								
особенности расчета и проектирования ступеней большой веерности	ИД-1ПК-2		+					Расчетно-графическая работа/Выполнение и защита расчетного задания
особенности паровых турбин утилизационных ПГУ	ИД-1ПК-2						+	Расчетно-графическая работа/Выполнение и защита расчетного задания
способы обеспечения соответствия проектируемых паротурбинных установок мировым стандартам и требованиям к их комплексной надежности	ИД-1ПК-2			+	+	+		Контрольная работа/Контрольная работа №2 «Определение параметров и характеристик паротурбинных установок различного назначения»
основы рабочих процессов в проточных частях паровых турбин	ИД-1ПК-2	+						Тестирование/Тест «Выбор параметров и основных характеристик проточных частей паровых турбин»
<b>Уметь:</b>								
пользоваться программными пакетами для газодинамических расчетов проточной части паровых турбин	ИД-1ПК-2		+					Расчетно-графическая работа/Выполнение и защита расчетного задания
использовать методы расчета и проектирования деталей, узлов турбомашин и паротурбинных установок в целом с конкурентными показателями надежности и эффективности	ИД-1ПК-2	+						Расчетно-графическая работа/Выполнение и защита расчетного задания Контрольная работа/Контрольная работа №1 «Определение параметров и характеристик ступеней паровых турбин»
использовать методы расчета и проектирования ступеней большой веерности	ИД-1ПК-2		+					Расчетно-графическая работа/Выполнение и защита расчетного задания
разрабатывать конструкции конкурентоспособных энергетических установок с прогрессивными показателями качества	ИД-1ПК-2			+	+	+		Контрольная работа/Контрольная работа №2 «Определение параметров и характеристик паротурбинных установок различного назначения»

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **1 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Выполнение и защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 «Определение параметров и характеристик ступеней паровых турбин» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2 «Определение параметров и характеристик паротурбинных установок различного назначения» (Контрольная работа)
3. Тест «Выбор параметров и основных характеристик проточных частей паровых турбин» (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

#### Экзамен (Семестр №1)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих

#### Курсовой проект (КП) (Семестр №1)

Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Богомолова, Т. В. Последние ступени паровых турбин : учебное пособие по курсу "Паротурбинные установки" по направлению "Энергомашиностроение" / Т. В. Богомолова, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 80 с. - ISBN 978-5-383-00044-1 .;
2. Булкин А.Е. , Трухний А.Д. - "Тихоходные паровые турбины атомных электрических станций", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2011 - (364 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72308](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72308);
3. Зарянкин, А. Е. Выхлопные патрубки паровых и газовых турбин / А. Е. Зарянкин, Б. П. Симонов . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 274 с. - ISBN 5-7046-0821-3 .;
4. Зарянкин, А. Е. Регулирующие и стопорно-регулирующие клапаны паровых турбин / А. Е. Зарянкин, Б. П. Симонов . – М. : Изд-во МЭИ, 2005 . – 360 с. - ISBN 5-7046-1143-5 .;

5. Трухний А.Д.- "Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций", Издательство: "МЭИ", Москва, 2019  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014004.html>;
6. Малышенко С.П.- "Основы современной энергетики в 2 т. Том 1. Современная теплоэнергетика", Издательство: "МЭИ", Москва, 2016 - (512 с.)  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010433.html>;
7. Паровые и газовые турбины: Сборник задач : Учебное пособие для вузов по специальности "Турбиностроение" / Б. М. Трояновский, и др. ; Ред. Б. М. Трояновский, Г. С. Самойлович . – 3-е изд., перераб . – М. : Энергоатомиздат, 1987 . – 240 с.;
8. Трояновский, Б. М. Паровые и газовые турбины атомных электростанций / Б. М. Трояновский, Г. А. Филиппов, А. Е. Булкин . – Москва : Энергоатомиздат, 1985 . – 382 с. - Книга на испанском языке ..

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. SmathStudio;
6. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей).

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Журналы American Chemical Society - <https://www.acs.org/content/acs/en.html>
12. Журналы American Institute of Physics - <https://www.scitation.org/>
13. Журналы American Physical Society - <https://journals.aps.org/about>
14. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
15. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
16. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
17. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	П-20, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с

		выходом в Интернет, кондиционер, мел, маркер, стилус
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	П-20, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, кондиционер, мел, маркер, стилус
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	П-20, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, кондиционер, мел, маркер, стилус
Помещения для самостоятельной работы	П-28, Комната для самостоятельных занятий студентов	
Помещения для консультирования	П-03а, Кабинет сотрудников	
	П-27, Переговорная	
	П-22, Кабинет сотрудников каф. ПГТ (проф. Богомолова Т.В.)	кресло рабочее, стеллаж для хранения книг, стул, шкаф для одежды, стол письменный, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	П-42, Кафедральная библиотека	кресло рабочее, стеллаж для хранения книг, стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, компьютер персональный, инвентарь учебный, книги, учебники, пособия
	П-05а, Лаборатория аэродинамики	
	П-03б, Подсобное помещение	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Паротурбинные установки

(название дисциплины)

#### 1 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Тест «Выбор параметров и основных характеристик проточных частей паровых турбин» (Тестирование)  
 КМ-2 Контрольная работа №1 «Определение параметров и характеристик ступеней паровых турбин» (Контрольная работа)  
 КМ-3 Контрольная работа №2 «Определение параметров и характеристик паротурбинных установок различного назначения» (Контрольная работа)  
 КМ-4 Выполнение и защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	5	8	13	16
1	Усовершенствование узлов и деталей паровых турбин					
1.1	Усовершенствование узлов и деталей паровых турбин		+	+		+
2	Расчет и проектирование последних ступеней паровых турбин					
2.1	Расчет и проектирование последних ступеней паровых турбин					+
3	Развитие турбостроения для АЭС в свете государственной стратегии развития атомной энергетики в первой половине XXI века					
3.1	Развитие турбостроения для АЭС в свете государственной стратегии развития атомной энергетики в первой половине XXI века				+	
4	Пути повышения единичной мощности, экономичности и надежности паротурбинных установок на суперсверхкритические параметры пара					
4.1	Пути повышения единичной мощности, экономичности и надежности паротурбинных установок на суперсверхкритические параметры пара				+	
5	Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии					
5.1	Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии				+	
6	Паровые турбины на базе ПГУ с котлом утилизатором					
6.1	Паровые турбины на базе ПГУ с котлом утилизатором					+

	Bec KM, %:	10	30	30	30
--	------------	----	----	----	----



**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА  
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Паротурбинные установки**

(название дисциплины)

**1 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:**

- КМ-1 "Расчет тепловой схемы. Определение расходов пара в голову турбины и в конденсатор."
- КМ-2 "Расчет регулирующей ступени. Расчет числа ступеней ЦВД и выбор компоновки его проточной части."
- КМ-3 "Расчет последней ступени ЦВД. Прочностные расчеты (лопатка и диск последней ступени ЦВД). Оценка вибрационной надежности пакета рабочих лопаток последней ступени ЦВД по возмущающим силам I рода (с построением вибрационной диаграммы) и II рода. Определение критических частот вращения ротора ЦВД турбины."
- КМ-4 "Проектирование ЦВД паровой турбины с вычерчиванием в масштабе 1:10: 1) совмещенного чертежа продольного разреза (верхняя часть) и внешнего вида (нижняя часть); 2) совмещенного чертежа поперечных разрезов по передней опоре и по паровпуску. Подготовка выносок чертежей узлов и элементов паровой турбины (не менее 3) по указанию преподавателя. Выбор материалов основных элементов паровой турбины."
- КМ-5 Оформление РПЗ

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	15	16
1	Расчет тепловой схемы, включающий определение расходов пара на турбину и в регенеративные отборы, а также утечки через концевые уплотнения. Определение интегральных характеристик ПТУ: электрической мощности и экономичности.		+				
2	Выбор теплоперепада на регулирующую ступень, определение числа ступеней.		+				
3	Расчет проточной части регулирующей ступени или первой нерегулируемой ступени (при отсутствии регулирующей).			+			
4	Расчет последней нерегулируемой ступени			+			
5	Прочностные расчеты, включающие определение механических напряжений в рабочей лопатке одной из ступеней, оценку вибрационной надежности этой лопатки, определение критической частоты вращения ротора по упрощенной формуле, а также расчет диска на прочность.				+		

6	Конструкторский расчет проточной части ЦВД, выполненный при помощи ЭВМ в программе PGT в трех вариантах для выбора оптимального варианта.			+		
7	Выполнение продольного разреза ЦВД с изображением верхней половины корпуса турбины и подшипников и внешнего вида нижней половины турбины и подшипников с необходимыми местными разрезами; выноски элементов уплотнений. и других элементов конструкции;				+	
8	Выполнение поперечного разреза с изображением клапанов и одного из подшипников.				+	
9	Оформление пояснительной записки.					+
10	Защита КП.					+
Вес КМ, %:		15	20	40	20	5