

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

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Тепловые электрические станции

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ПАРОВЫЕ И ГАЗОВЫЕ ТУРБИНЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.05.04
Трудоемкость в зачетных единицах:	6 семестр - 4; 7 семестр - 5; всего - 9
Часов (всего) по учебному плану:	324 часа
Лекции	6 семестр - 28 часа; 7 семестр - 32 часа; всего - 60 часов
Практические занятия	6 семестр - 14 часов; 7 семестр - 16 часов; всего - 30 часов
Лабораторные работы	6 семестр - 14 часов;
Консультации	6 семестр - 2 часа; 7 семестр - 34 часа; всего - 36 часа
Самостоятельная работа	6 семестр - 85,5 часа; 7 семестр - 93,2 часа; всего - 178,7 часа
в том числе на КП/КР	7 семестр - 35,7 часа;
Иная контактная работа	7 семестр - 4 часа;
включая: Тестирование Контрольная работа Перекрестный опрос	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа;
Защита курсового проекта	7 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,3 часа

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тищенко А.А.
	Идентификатор	Rf6ebae2e-TishchenkoAA-b3ff309f

А.А. Тищенко

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тараторин А.А.
	Идентификатор	Ra801db72-TaratorinAA-0945af7f

А.А. Тараторин

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дудолин А.А.
	Идентификатор	Rb94958b9-DudolinAA-83802984

А.А. Дудолин

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение теории процессов в энергетических турбомашинах тепловых и атомных электростанций с приобретением практики их расчетов и проектирования, развитием понимания взаимосвязи работы паровых и газовых турбин с технологическими процессами в оборудовании тепловых схем энергоблоков разного назначения.

Задачи дисциплины

- изучение физико-математические модели тепловых, аэродинамических и механических процессов в проточной части паровых и газовых турбин ТЭС и АЭС;
- освоение методик расчета и проектирования энергетических турбин, а также приобретение навыков их выбора в соответствии с заданными условиями;
- освоение методик и правил оценки надежности основных элементов турбин;
- изучение переменных режимов при эксплуатации турбоустановок;
- изучение конструкций энергетических турбомашин.

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-1 Способен участвовать в производственно-технологической деятельности в сфере теплоэнергетики и теплотехники	ИД-3 _{ПК-1} Демонстрирует понимание принципов и режимов работы объектов профессиональной деятельности и закономерностей процессов, происходящих в них	знать: - методики теплового и аэродинамического расчетов проточной части энергетических ГТУ; - особенности работы системы регулирования мощности паровых турбин; - основные характеристики конденсаторов паровых турбин и их конструкцию; - назначение и принцип работы основных элементов ПТУ; - методики теплового и аэродинамического расчетов проточной части паровых турбин. уметь: - проводить термодинамический анализ рабочих процессов в паровых турбинах для определения параметров их работы и тепловой эффективности.
ПК-1 Способен участвовать в производственно-технологической деятельности в сфере теплоэнергетики и теплотехники	ИД-4 _{ПК-1} Принимает обоснованные технические решения при разработке схем и/или конструкций элементов объектов профессиональной деятельности	знать: - основные особенности конструкций паровых турбомашин; - типы и маркировки энергетических турбин, особенности тепловых схем и компоновки для современных энергоблоков ТЭС и АЭС. уметь: - проводить расчеты режимов работы ПТУ; - выполнять оценки надежности и

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		экономичности турбинных ступеней.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Тепловые электрические станции (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 9 зачетных единиц, 324 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	Введение в курс и общая характеристика типов и маркировок турбоагрегатов ТЭС и АЭС	16	6	4	2	2	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Выполнение п.1 расчетного задания</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД)</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 9-42 [5], 9-42</p>	
1.1	Введение в курс и общая характеристика типов и маркировок турбоагрегатов ТЭС и АЭС	16		4	2	2	-	-	-	-	-	8	-		
2	Турбинные ступени, их расчет и проектирование	38		10	6	6	-	-	-	-	-	16	-		<p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Выполнение п.2 расчетного задания</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД)</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 43-142 [5], 43-142</p>
2.1	Турбинные ступени, их расчет и проектирование	38		10	6	6	-	-	-	-	-	16	-		
3	Основы расчета, выбора конструкций и проектирования паровых турбин	20		6	2	2	-	-	-	-	-	10	-		<p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Выполнение п.2 расчетного задания</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД)</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p>
3.1	Основы расчета, выбора конструкций и проектирования паровых турбин	20		6	2	2	-	-	-	-	-	10	-		

													[1], 143-189 [3], 1-55 [5], 143-189	
4	Переменные режимы работы паровых турбин	22		4	2	2	-	-	-	-	-	14	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Выполнение п.3 расчетного задания
4.1	Переменные режимы работы паровых турбин	22		4	2	2	-	-	-	-	-	14	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 190-199, 216-224 [5], 190-199, 216-224
5	Системы парораспределения паровых турбин	12		4	2	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> выполнение п.4 расчетного задания
5.1	Системы парораспределения паровых турбин	12		4	2	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 201-215 [5], 201-215
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		28	14	14	-	2	-	-	0.5	52	33.5	
	Итого за семестр	144.0		28	14	14		2		-	0.5		85.5	
6	Турбины для комбинированной выработки теплоты и электрической энергии	8	7	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
6.1	Турбины для комбинированной выработки теплоты и электрической энергии	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	[1], 225-238 [2], 313-328 [5], 225-238
7	Конденсационные установки. Тепловой расчет конденсатора	14		6	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Самостоятельное изучение литературы (см.

7.1	Конденсационные установки. Тепловой расчет конденсатора	14	6	-	4	-	-	-	-	-	4	-	Методические указания РПД) <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 355-380 [2], 190-228 [5], 355-380
8	Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов	10	4	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
8.1	Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов	10	4	-	2	-	-	-	-	-	4	-	[1], 381-408 [2], 145-190 [5], 381-408
9	Вибрационная надежность турбин и оценки надежности их основных элементов	22	12	-	6	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД)
9.1	Вибрационная надежность турбин и оценки надежности их основных элементов	22	12	-	6	-	-	-	-	-	4	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 597-674 [3], 62-71 [5], 597-674
10	Схемы ГТУ. Конструкции газовых турбин и компрессоров ГТУ. Применение ГТУ в теплоэнергетике	12	6	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
10.1	Схемы ГТУ. Конструкции газовых турбин и компрессоров ГТУ. Применение ГТУ в теплоэнергетике	12	6	-	2	-	-	-	-	-	4	-	[4], 24-36 [6], 24-36

11	Турбомашины парогазовых установок, их конструкции. Основы эксплуатации	6		2	-	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 49-108, 421-483 [6], 49-108, 421-483	
11.1	Турбомашины парогазовых установок, их конструкции. Основы эксплуатации	6		2	-	-	-	-	-	-	4	-		
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-		33.5
	Курсовой проект (КП)	72.0		-	-	-	32	-	4	-	0.3	35.7		-
	Всего за семестр	180.0		32	-	16	32	2	4	-	0.8	59.7		33.5
	Итого за семестр	180.0		32	-	16	34		4		0.8	93.2		
	ИТОГО	324.0	-	60	14	30	36		4		1.3	178.7		

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. Введение в курс и общая характеристика типов и маркировок турбоагрегатов ТЭС и АЭС

1.1. Введение в курс и общая характеристика типов и маркировок турбоагрегатов ТЭС и АЭС

Классификация электрических станций и место турбомашин в них: маркировки паровых турбин ТЭС и АЭС и основные сведения об их конструкциях; историческая справка о развитии теплоэнергетики и турбостроения. Особенности тепловых схем паротурбинных установок ТЭС и АЭС: место паровой турбины в термодинамическом цикле; показатели экономичности паровых турбин и турбоустановок; особенности тепловых схем турбоустановок ТЭС и АЭС и влияние основных параметров пара на их эффективность; реализация промежуточного перегрева пара и регенеративного подогрева питательной воды в турбоагрегатах..

2. Турбинные ступени, их расчет и проектирование

2.1. Турбинные ступени, их расчет и проектирование

Конструкция ступени осевого типа: система уравнений для расчетов термо- и газодинамических процессов в проточной части турбинной ступени; тепловая диаграмма процессов преобразования энергии в турбинных решетках; степень реактивности турбинной ступени; треугольники скоростей и методика их расчета. Мощность и экономичность турбинных ступеней: уравнения для расчетов усилий и мощности ступени; относительный лопаточный КПД; двухвенечные ступени скорости. Выбор турбинных решеток для турбинных ступеней: геометрические, газодинамические и режимные характеристики турбинных решеток; выбор типа лопаток для решеток ступеней; определение экономичности сопловой и рабочей решеток. Виды потерь в турбинной ступени и ее относительный внутренний КПД; зависимость относительного внутреннего КПД ступени от параметра $u/cф$. Методика расчета турбинной ступени: выбор исходных характеристик и параметров турбинной ступени; методика расчета турбинной ступени с $d/l \square 10 \dots 13$; особенности расчета и проектирования ступеней с длинными лопатками; законы закрутки турбинных лопаток. Проектирование и конструкции ступеней паровых турбин: особенности конструкций турбинных ступеней для цилиндров паровых турбин; правила их проектирования и нормативные документы..

3. Основы расчета, выбора конструкций и проектирования паровых турбин

3.1. Основы расчета, выбора конструкций и проектирования паровых турбин

Компоновки паровых турбин различного назначения: предельная мощность однопоточной конденсационной турбины; способы повышения предельной мощности; определение размеров последней ступени; компоновочные решения, показатели надежности и экономичности паровых турбин. Основные расчеты при проектировании многоцилиндровой паровой турбины: построение процесса расширения пара в проточной части турбины и оценки его расхода для реализации требуемой мощности турбоагрегата; расчет числа ступеней и распределение теплоперепадов; выбор частоты вращения валопровода турбоагрегатов, числа ЦНД и их компоновок. Обеспечение надежности основных элементов паровых турбин: расчет осевых усилий в валопроводе турбоагрегата и способы их компенсации; статическая прочность рабочих лопаток ступеней; выбор конструкции роторов ЦВД, ЦСД и ЦНД турбин и их уплотнений; требования ГОСТ к конструкциям турбин; примеры исполнения турбин ТЭС и АЭС..

4. Переменные режимы работы паровых турбин

4.1. Переменные режимы работы паровых турбин

Общая характеристика переменных режимов: переменный режим турбинных решеток и турбинной ступени; особенности переменного режима турбинной ступени с $\sigma_2 = d_2/l_2 \leq 10$; переменный режим работы группы ступеней; закон Стодолы–Флюгеля; маневренность и программы регулирования энергоблоков; холостой ход турбоагрегата; моторный режим; режим горячего вращающегося резерва. Влияние отклонения начальных параметров водяного пара, параметров промперегрева и давления в конденсаторе на мощность турбин..

5. Системы парораспределения паровых турбин

5.1. Системы парораспределения паровых турбин

Способы парораспределения паровых турбин: дроссельное парораспределение; сопловое парораспределение; обводное парораспределение; выбор системы парораспределения; регулирование мощности турбоагрегатов способом скользящего давления..

6. Турбины для комбинированной выработки теплоты и электрической энергии

6.1. Турбины для комбинированной выработки теплоты и электрической энергии

Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии: турбины с противодавлением; турбины с промежуточным регулируемым отбором пара (тип Т) и их диаграммы режимов; турбины с двумя регулируемыми отборами пара (тип ПТ) и их диаграммы режимов; турбины с двухступенчатым отопительным отбором пара; энергетические характеристики теплофикационных паровых турбин..

7. Конденсационные установки. Тепловой расчет конденсатора

7.1. Конденсационные установки. Тепловой расчет конденсатора

Конденсационные установки паровых турбин: схема конденсационной установки и устройство конденсатора; тепловые процессы в конденсаторе и его тепловой баланс; компоновки и конструкции конденсаторов паровых турбин; методика расчета конденсатора. Основы эксплуатации конденсационных установок: характеристика конденсатора и переменный режим его работы; воздухоотсасывающие устройства; особенности эксплуатации конденсационной установки..

8. Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов

8.1. Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов

Системы автоматического регулирования: основные задачи САР и принципиальная схема САР турбоагрегата; статическое и астатическое регулирование; параллельная работа турбоагрегатов в сети; схемы САР конденсационных и теплофикационных турбин. Системы аварийной защиты турбоагрегатов: основные системы защиты паровых турбин; особенности систем защиты для конденсационных и теплофикационных турбин; требования ГОСТ к системам регулирования и защиты турбоагрегатов. Системы маслоснабжения паровых турбин: схемы маслоснабжения; аварийная смазка турбин; эксплуатация турбинных масел; конструкции подшипников..

9. Вибрационная надежность турбин и оценки надежности их основных элементов

9.1. Вибрационная надежность турбин и оценки надежности их основных элементов

Вибрационная надежность турбоагрегатов: низкочастотная вибрация; вибрация оборотной частоты; высокочастотная вибрация; контроль и нормы вибрации; предупреждение повышенной вибрации валопровода; системы вибромониторинга и диагностики. Колебания лопаточного аппарата турбин: формы колебаний рабочих лопаток; расчет частот колебаний пакетов лопаток; вибрационная диаграмма лопаточного аппарата; правила отстройки от резонансных состояний. Конструкции и оценки надежности элементов валопровода турбоагрегата: оценка надежности ротора паровой турбины; расчеты критических частот вращения ротора; напряжения и деформации во вращающемся диске; расчет напряжений в диске; определение натяга и освобождающей частоты вращения; требования к надежности и ресурсным характеристикам роторов паровых турбин. Расчеты на прочность основных деталей статора турбины: конструкции и расчеты толщины корпусов турбин; напряженное состояние фланцевого разъема корпуса; оценки надежности диафрагм; материалы, применяемые для изготовления паровых турбин..

10. Схемы ГТУ. Конструкции газовых турбин и компрессоров ГТУ. Применение ГТУ в теплоэнергетике

10.1. Схемы ГТУ. Конструкции газовых турбин и компрессоров ГТУ. Применение ГТУ в теплоэнергетике

Энергетические газотурбинные установки: общие сведения об энергетических ГТУ и примеры их исполнения; термодинамический цикл и схемы ГТУ; показатели экономичности ГТУ и способы их повышения; применение ГТУ в тепловых электростанциях; ГТУ-ТЭЦ; применение ГТУ на базе авиационных двигателей. Газовые турбины: процесс расширения в газовой турбине и выбор числа ее ступеней; особенности турбинных ступеней газовой турбины; методика расчета проточной части; системы охлаждения газовых турбин. Компрессоры ГТУ: конструкция осевого компрессора; процессы в проточной части компрессорных ступеней и оценки их числа; режимы работы и характеристики осевых компрессоров ГТУ; явление помпажа; конструкции камер сгорания. Переменные режимы эксплуатации ГТУ: переменные режимы ГТУ; пуск газотурбинных установок; системы защиты и автоматического регулирования ГТУ..

11. Турбомашинные парогазовых установок, их конструкции. Основы эксплуатации

11.1. Турбомашинные парогазовых установок, их конструкции. Основы эксплуатации

Парогазовые установки: тепловые схемы, состав и показатели экономичности ПГУ; Особенности параметров паровых и газовых турбин для парогазовых установок с одно, двух и трехконтурными котлами-утилизаторами. Паровые турбины для ПГУ: особенности расчета и проектирования паровых турбин для ПГУ; конструкции турбин для ПГУ утилизационного типа; конструкции турбин для теплофикационных парогазовых установок. Основы эксплуатации турбоагрегатов: задачи эксплуатации и критерии надежности в работе турбин; особенности пусков и останова турбин..

3.3. Темы практических занятий

1. Расчеты на прочность основных элементов турбины (2 часа);
2. Показатели тепловой экономичности турбоустановок ТЭС и АЭС (2 часа);
3. Турбинная ступень и ее параметры. Процесс расширения в турбинной ступени. Расчет треугольников скоростей (2 часа);
4. Расчет дополнительных потерь ступени. Внутренний относительный КПД (2 часа);
5. Методика теплового расчета турбинной ступени (2 часа);
6. Предельная мощность паровых турбин. Расчет числа ступеней и размеров последней

- ступени ЦВД. Определение числа ЦВД. Расчеты статической прочности рабочих лопаток и осевых нагрузок (2 часа);
7. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии (2 часа);
 8. Выбор системы парораспределения (2 часа);
 9. Тепловой расчет конденсатора и обзор их конструкций (4 часа);
 10. Системы автоматического регулирования паровых турбин. Параллельная работа турбоагрегатов в сети (2 часа);
 11. Вибрационная надежность лопаточного аппарата турбин (2 часа);
 12. Вибрация роторов и оценки критических частот их вращения (2 часа);
 13. Расчет переменного режима турбинной ступени и отсека турбины. Влияние начальных и конечных параметров пара на мощность турбины (2 часа);
 14. Газотурбинные установки и их конструкции. Турбомашины парогазовых установок (2 часа).

3.4. Темы лабораторных работ

1. №1. Тепловая схема турбоустановки ТЭЦ МЭИ с паровой турбиной П-6-3,5 КТЗ (4 часа);
2. №2. Конструкция паровой турбины П-6-3,5 КТЗ. Парораспределение, система маслоснабжения и изучение конструкций подшипников турбины (6 часов);
3. №3. Конструкции конденсатора, конденсатного насоса и эжекторной установки (4 часа).

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 7 Семестр

Курсовой проект (КП)

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 6	7 - 9	10 - 11	12 - 15	16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	5	6	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	15	10	15	10	45	5	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	15	25	40	50	95	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Расчет числа ступеней ЦВД и выбор компоновки его проточной части
2	Расчет последней ступени ЦВД
3	Эскиз ротора ЦВД. Определение критических частот вращения ротора ЦВД турбины.
4	Оценка вибрационной надежности пакета рабочих лопаток последней ступени ЦВД по возмущающим силам I рода (с построением вибрационной диаграммы) и II рода.
5	Проектирование ЦВД паровой турбины с вычерчиванием в масштабе 1:10 совмещенного чертежа продольного разреза (верхняя часть) и

	внешнего вида (нижняя часть). Подготовка чертежей узлов и элементов паровой турбины. Выбор материалов основных элементов паровой турбины.
6	Подготовка пояснительной записки.

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	7	8	9	10	11	
Знать:													
методики теплового и аэродинамического расчетов проточной части паровых турбин	ИД-3ПК-1		+	+									Тестирование/Тест № 2. Методики теплового и аэродинамического расчетов проточной части паровых турбин, конструкции их основных элементов, основы проектирования паровых турбин и способы решения задач обеспечения их экономичности и надёжности Тестирование/Тест № 3. Основы проектирования паровых турбин. Обеспечение надежности основных элементов паровых турбин. Особенности переменных режимов работы паровой турбины. Системы парораспределения.
назначение и принцип работы основных элементов ПТУ	ИД-3ПК-1						+						Тестирование/Тест № 4. Контроль остаточных знаний по курсу «Паровые и газовые турбины электростанций». Влияние начальных и конечных параметров пара на мощность паровых турбин. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии и их диаграммы режимов.
основные характеристики конденсаторов паровых турбин и их конструкцию	ИД-3ПК-1							+					Тестирование/Тест № 5. Тепловые процессы в конденсаторе и его тепловой баланс; методика расчета конденсатора. Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов. Вибрационная надежность турбоагрегатов.
особенности работы системы	ИД-3ПК-1						+		+				Тестирование/Тест № 5. Тепловые процессы в

регулирования мощности паровых турбин													конденсаторе и его тепловой баланс; методика расчета конденсатора. Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов. Вибрационная надежность турбоагрегатов.	
методики теплового и аэродинамического расчетов проточной части энергетических ГТУ	ИД-3ПК-1											+	+	Тестирование/Тест № 6. Оценки прочности основных элементов статора и ротора. Термодинамический цикл и схемы ГТУ; показатели экономичности ГТУ и способы их повышения.
типы и маркировки энергетических турбин, особенности тепловых схем и компоновки для современных энергоблоков ТЭС и АЭС	ИД-4ПК-1	+												Тестирование/Защита лабораторной работы № 1. Тепловая схема турбоустановки ТЭЦ МЭИ с паровой турбиной П-6-3,5 КТЗ Тестирование/Тест № 1. Классификация электрических станций. Маркировка паровых турбин ТЭС и АЭС. Особенности тепловых схем и влияние основных параметров пара на их эффективность.
основные особенности конструкций паровых турбомашин	ИД-4ПК-1			+	+									Тестирование/Защита лабораторной работы № 2. Конструкция паровой турбины П-6-3,5 КТЗ. Парораспределение, система маслоснабжения и изучение конструкций подшипников турбины Тестирование/Защита лабораторной работы №3. Конструкции конденсатора, конденсатного насоса и эжекторной установки.
Уметь:														
проводить термодинамический анализ рабочих процессов в паровых турбинах для определения параметров их работы и тепловой эффективности	ИД-3ПК-1			+	+									Перекрестный опрос/Защита расчетного задания Контрольная работа/Контрольная работа. Тепловой цикл паротурбинной установки и показатели ее экономичности. Тепловой и

													аэродинамический расчет характеристик турбинной ступени.
выполнять оценки надежности и экономичности турбинных ступеней	ИД-4ПК-1								+	+			Контрольная работа/Контрольная работа № 3. Тепловые процессы в конденсаторе и его тепловой баланс; методика расчета конденсатора. Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов. Вибрационная надежность турбоагрегатов.
проводить расчеты режимов работы ПТУ	ИД-4ПК-1						+		+	+			Контрольная работа/Контрольная работа № 2. Влияние начальных и конечных параметров пара на мощность паровых турбин. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии и их диаграммы режимов.

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

6 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита лабораторной работы № 1. Тепловая схема турбоустановки ТЭЦ МЭИ с паровой турбиной П-6-3,5 КТЗ (Тестирование)
2. Защита лабораторной работы № 2. Конструкция паровой турбины П-6-3,5 КТЗ. Парораспределение, система маслоснабжения и изучение конструкций подшипников турбины (Тестирование)
3. Защита лабораторной работы №3. Конструкции конденсатора, конденсатного насоса и эжекторной установки. (Тестирование)
4. Контрольная работа. Тепловой цикл паротурбинной установки и показатели ее экономичности. Тепловой и аэродинамический расчет характеристик турбинной ступени. (Контрольная работа)
5. Тест № 1.Классификация электрических станций. Маркировка паровых турбин ТЭС и АЭС. Особенности тепловых схем и влияние основных параметров пара на их эффективность. (Тестирование)
6. Тест № 2. Методики теплового и аэродинамического расчетов проточной части паровых турбин, конструкции их основных элементов, основы проектирования паровых турбин и способы решения задач обеспечения их экономичности и надёжности (Тестирование)
7. Тест № 3. Основы проектирования паровых турбин. Обеспечение надежности основных элементов паровых турбин. Особенности переменных режимов работы паровой турбины. Системы парораспределения. (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита расчетного задания (Перекрестный опрос)

7 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа № 2. Влияние начальных и конечных параметров пара на мощность паровых турбин. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии и их диаграммы режимов. (Контрольная работа)
2. Контрольная работа № 3. Тепловые процессы в конденсаторе и его тепловой баланс; методика расчета конденсатора. Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов. Вибрационная надежность турбоагрегатов. (Контрольная работа)
3. Тест № 4. Контроль остаточных знаний по курсу «Паровые и газовые турбины электростанций». Влияние начальных и конечных параметров пара на мощность паровых турбин. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии и их диаграммы режимов. (Тестирование)
4. Тест № 5. Тепловые процессы в конденсаторе и его тепловой баланс; методика расчета конденсатора. Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов. Вибрационная надежность турбоагрегатов. (Тестирование)
5. Тест № 6. Оценки прочности основных элементов статора и ротора. Термодинамический цикл и схемы ГТУ; показатели экономичности ГТУ и способы их повышения. (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.
Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №6)

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

Экзамен (Семестр №7)

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

Курсовой проект (КП) (Семестр №7)

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Костюк, А. Г. Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций : учебник для вузов по направлениям "Теплоэнергетика и теплотехника", "Энергетическое машиностроение" / А. Г. Костюк, А. Е. Булкин, А. Д. Трухний ; ред. А. Д. Трухний . – М. : Издательский дом МЭИ, 2018 . – 688 с. - ISBN 978-5-383-01057-0 .;
2. Трухний, А. Д. Стационарные паровые турбины / А. Д. Трухний . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Энергоатомиздат, 1990 . – 640 с. - ISBN 5-283-00069-9 .;
3. Трухний, А. Д. Атлас конструкций деталей турбин : Учебное пособие по направлениям "Энергомашинностроение" и "Теплоэнергетика" / А. Д. Трухний, Б. Н. Крупенников, С. В. Петрунин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – 2-е изд., стереотип . – М. : Изд-во МЭИ, 2000 . – 148 с. - ISBN 5-7046-0451-X .;
4. Трухний, А. Д. Парогазовые установки электростанций : учебное пособие для вузов по направлениям "Энергетическое машиностроение", "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. Д. Трухний . – М. : Издательский дом МЭИ, 2013 . – 648 с. - ISBN 978-5-383-00721-1 .;
5. Трухний А.Д.- "Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций", Издательство: "МЭИ", Москва, 2019
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014004.html>;
6. Трухний А. Д.- "Парогазовые установки электростанций", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2013 - (648 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72261.

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
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
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	А-404, Учебная аудитория "А"	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
	А-406, Учебная аудитория "А"	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
	Б-205, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, колонки
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	Т-512, Компьютерный класс	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для консультирования	П-38, Кабинет сотрудников каф.	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол компьютерный, стул,

	ПГТ (доц. Медников А.Ф.)	шкаф для документов, шкаф для одежды, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	П-05а, Лаборатория аэродинамики	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Паровые и газовые турбины электростанций

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест № 1. Классификация электрических станций. Маркировка паровых турбин ТЭС и АЭС. Особенности тепловых схем и влияние основных параметров пара на их эффективность. (Тестирование)
- КМ-2 Защита лабораторной работы № 1. Тепловая схема турбоустановки ТЭЦ МЭИ с паровой турбиной П-6-3,5 КТЗ (Тестирование)
- КМ-3 Тест № 2. Методики теплового и аэродинамического расчетов проточной части паровых турбин, конструкции их основных элементов, основы проектирования паровых турбин и способы решения задач обеспечения их экономичности и надёжности (Тестирование)
- КМ-4 Защита лабораторной работы № 2. Конструкция паровой турбины П-6-3,5 КТЗ. Парораспределение, система маслоснабжения и изучение конструкций подшипников турбины (Тестирование)
- КМ-5 Контрольная работа. Тепловой цикл паротурбинной установки и показатели ее экономичности. Тепловой и аэродинамический расчет характеристик турбинной ступени. (Контрольная работа)
- КМ-6 Защита лабораторной работы №3. Конструкции конденсатора, конденсатного насоса и эжекторной установки. (Тестирование)
- КМ-7 Тест № 3. Основы проектирования паровых турбин. Обеспечение надежности основных элементов паровых турбин. Особенности переменных режимов работы паровой турбины. Системы парораспределения. (Тестирование)
- КМ-8 Защита расчетного задания (Перекрестный опрос)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	4	5	8	9	10	11	12	14
1	Введение в курс и общая характеристика типов и маркировок турбоагрегатов ТЭС и АЭС									
1.1	Введение в курс и общая характеристика типов и маркировок турбоагрегатов ТЭС и АЭС		+	+						
2	Турбинные ступени, их расчет и проектирование									
2.1	Турбинные ступени, их расчет и проектирование				+				+	
3	Основы расчета, выбора конструкций и проектирования паровых турбин									

3.1	Основы расчета, выбора конструкций и проектирования паровых турбин			+	+	+	+	+	+
4	Переменные режимы работы паровых турбин								
4.1	Переменные режимы работы паровых турбин					+			+
5	Системы парораспределения паровых турбин								
5.1	Системы парораспределения паровых турбин				+		+		
Вес КМ, %:		5	5	15	10	15	10	5	35

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-9 Тест № 4. Контроль остаточных знаний по курсу «Паровые и газовые турбины электростанций». Влияние начальных и конечных параметров пара на мощность паровых турбин. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии и их диаграммы режимов. (Тестирование)
- КМ-10 Контрольная работа № 2. Влияние начальных и конечных параметров пара на мощность паровых турбин. Турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии и их диаграммы режимов. (Контрольная работа)
- КМ-11 Тест № 5. Тепловые процессы в конденсаторе и его тепловой баланс; методика расчета конденсатора. Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов. Вибрационная надежность турбоагрегатов. (Тестирование)
- КМ-12 Контрольная работа № 3. Тепловые процессы в конденсаторе и его тепловой баланс; методика расчета конденсатора. Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов. Вибрационная надежность турбоагрегатов. (Контрольная работа)
- КМ-13 Тест № 6. Оценки прочности основных элементов статора и ротора. Термодинамический цикл и схемы ГТУ; показатели экономичности ГТУ и способы их повышения. (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12	КМ-13
		Неделя КМ:	4	8	12	14	15
1	Турбины для комбинированной выработки теплоты и электрической энергии						
1.1	Турбины для комбинированной выработки теплоты и электрической энергии		+	+	+		
2	Конденсационные установки. Тепловой расчет конденсатора						
2.1	Конденсационные установки. Тепловой расчет конденсатора				+		
3	Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов						

3.1	Системы автоматического регулирования, защиты и маслоснабжения турбоагрегатов		+	+	+	
4	Вибрационная надежность турбин и оценки надежности их основных элементов					
4.1	Вибрационная надежность турбин и оценки надежности их основных элементов		+		+	
5	Схемы ГТУ. Конструкции газовых турбин и компрессоров ГТУ. Применение ГТУ в теплоэнергетике					
5.1	Схемы ГТУ. Конструкции газовых турбин и компрессоров ГТУ. Применение ГТУ в теплоэнергетике					+
6	Турбомашины парогазовых установок, их конструкции. Основы эксплуатации					
6.1	Турбомашины парогазовых установок, их конструкции. Основы эксплуатации					+
Вес КМ, %:		10	35	10	35	10

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Паровые и газовые турбины электростанций

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

- КМ-1 Контроль выполнения разделов
- КМ-2 Контроль выполнения разделов
- КМ-3 Контроль выполнения разделов
- КМ-4 Контроль выполнения разделов
- КМ-5 Контроль выполнения разделов
- КМ-6 Контроль выполнения разделов

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	6	9	11	15	16
1	Расчет числа ступеней ЦВД и выбор компоновки его проточной части		+					
2	Расчет последней ступени ЦВД			+				
3	Эскиз ротора ЦВД. Определение критических частот вращения ротора ЦВД турбины.				+			
4	Оценка вибрационной надежности пакета рабочих лопаток последней ступени ЦВД по возмущающим силам I рода (с построением вибрационной диаграммы) и II рода.					+		
5	Проектирование ЦВД паровой турбины с вычерчиванием в масштабе 1:10 совмещенного чертежа продольного разреза (верхняя часть) и внешнего вида (нижняя часть). Подготовка чертежей узлов и элементов паровой турбины. Выбор материалов основных элементов паровой турбины.						+	
6	Подготовка пояснительной записки.							+
Вес КМ, %:			15	10	15	10	45	5