

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

Направление подготовки/специальность: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ЛОПАСТНЫЕ ТУРБОМАШИНЫ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.07.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 4; 8 семестр - 6; всего - 10
Часов (всего) по учебному плану:	360 часов
Лекции	7 семестр - 32 часа; 8 семестр - 28 часа; всего - 60 часов
Практические занятия	7 семестр - 32 часа; 8 семестр - 28 часа; всего - 60 часов
Лабораторные работы	8 семестр - 14 часов;
Консультации	7 семестр - 2 часа; 8 семестр - 16 часов; всего - 18 часов
Самостоятельная работа	7 семестр - 77,5 часа; 8 семестр - 125,2 часа; всего - 202,7 часа
в том числе на КП/КР	8 семестр - 53,7 часа;
Иная контактная работа	8 семестр - 4 часа;
включая: Тестирование Контрольная работа Расчетно-графическая работа Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;
Защита курсового проекта	8 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	8 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,3 часа

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

В.Г. Грибин

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

О.М.

Митрохова

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

В.Г. Грибин

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение теории и методов расчета тепловых процессов в ступенях лопастных турбомашин: турбин и компрессоров с единых позиций и основ их конструирования

Задачи дисциплины

- изучение теоретических основ тепловых процессов в лопастных турбомашинах: турбинах и компрессорах с единых позиций;
- освоение методик расчета ступени лопастной турбомашин и турбомашин в целом с учетом их максимальной эффективности и надежности;
- овладение основами проектирования ступеней лопастных турбомашин и турбомашин в целом.

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 проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-1 _{ПК-1} Демонстрирует знание закономерностей процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности	знать: - теоретические основы рабочих процессов, происходящих в группе ступеней; - теоретические основы рабочих процессов, происходящих в ступени компрессора; - теоретические основы рабочих процессов, происходящих в турбинной ступени. уметь: - рассчитывать тепловые процессы в турбинной ступени; - рассчитывать тепловые процессы в ступени компрессора.
ПК-1 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-2 _{ПК-1} Демонстрирует знание конструкции и принципа работы объектов профессиональной деятельности	знать: - основные термины, понятия и определения; - конструкцию и принцип работы компрессорных ступеней; - конструкцию и принцип работы турбинных ступеней. уметь: - объяснять физические принципы работы ступеней турбомашин.
ПК-1 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-3 _{ПК-1} Выполняет комплекс расчетов элементов объектов профессиональной деятельности	знать: - особенности расчета проточной части газовой турбины; - основные методы аэродинамического расчета ступеней турбомашин; - основные методы теплового расчета проточной части многоступенчатой

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>турбины.</p> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить тепловой расчет проточной части многоступенчатой газовой турбины; - применять типовые методики для расчета отдельных ступеней с определением их интегральных характеристик; - применять типовые методики для расчета и проектирования группы ступеней.
<p>ПК-1 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения</p>	<p>ИД-4_{ПК-1} Разрабатывает конструкцию отдельных элементов объектов профессиональной деятельности</p>	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные энергетические характеристики ступеней турбомашин, причины потерь энергии в ступени; - основные геометрические характеристики ступеней турбомашин, их влияние на потери энергии в ступени. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - профилировать решетки турбинных ступеней; - осуществлять подбор решеток профилей по «Атласу» и определять их характеристик.
<p>ПК-1 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения</p>	<p>ИД-5_{ПК-1} Демонстрирует понимание влияния условий работы объекта профессиональной деятельности на принимаемые конструкционные решения</p>	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - особенности проектирования ступеней турбомашин. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - учитывать влияние условий работы ступени турбомашин на принимаемые конструкционные решения при ее проектировании.
<p>ПК-1 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения</p>	<p>ИД-6_{ПК-1} Принимает обоснованные технические решения при проектировании объекта профессиональной деятельности</p>	<p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать влияние основных характеристик ступеней турбомашин на их технико-экономические показатели и турбомашин в целом.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

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

13.03.03 Энергетическое машиностроение, 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 10 зачетных единиц, 360 часов.

№ 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	Турбомашины в схемах преобразования энергии на электростанциях	6	7	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Турбомашины в схемах преобразования энергии на электростанциях" и подготовка к тесту «Терминология. Основные понятия и определения»</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 33-35</p>	
1.1	Турбомашины в схемах преобразования энергии на электростанциях	6		2	-	-	-	-	-	-	-	4	-		
2	Течение пара в турбинных решетках	20		6	-	4	-	-	-	-	-	-	10		-
2.1	Течение пара в турбинных решетках	20		6	-	4	-	-	-	-	-	-	10		-

														[2], стр. 40-49, 67-83 [3], стр. 100-171 [4], стр. 7-29
3	Турбинная ступень. Определение экономичности и оптимизация турбинных ступеней	70	20	-	26	-	-	-	-	-	-	24	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Турбинная ступень. Определение экономичности и оптимизация турбинных ступеней" и подготовка к контрольной работе «Расчет турбинной ступени по параметрам на среднем диаметре»
3.1	Турбинная ступень. Определение экономичности и оптимизация турбинных ступеней	70	20	-	26	-	-	-	-	-	-	24	-	<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Выполнение пп.2-4 расчетного задания «Аэродинамический расчет турбинной ступени» <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Турбинная ступень. Определение экономичности и оптимизация турбинных ступеней" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 49-60, 83-131 [3], стр. 172-320 [5], стр. 1-96
4	Многоступенчатые турбины	12	4	-	2	-	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Многоступенчатые турбины" и подготовка к тесту «Многоступенчатые паровые турбины»
4.1	Многоступенчатые турбины	12	4	-	2	-	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Выполнение п.5 и защита расчетного задания «Аэродинамический расчет турбинной ступени» <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Многоступенчатые турбины" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях

														<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 132-144 [3], стр. 321-368
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		32	-	32	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0		32	-	32		2		-	0.5		77.5	
5	Проектирование и расчет многоступенчатых турбин	22	8	6	2	6	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Проектирование и расчет многоступенчатых турбин"
5.1	Проектирование и расчет многоступенчатых турбин	22		6	2	6	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы «Расчет и оптимизация группы унифицированных ступеней» <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Проектирование и расчет многоступенчатых турбин" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 145-174 [6], стр. 7-94 [9], стр. 6-13
6	Особенности расчета и конструкции ступеней турбин	48		8	12	8	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Особенности расчета и конструкции ступеней турбин" и подготовка к контрольной работе «Предельная мощность однопоточной турбины. Особенности расчета турбинных ступеней»
6.1	Особенности расчета и конструкции ступеней турбин	48		8	12	8	-	-	-	-	-	20	-	<u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторных работ:

													«Расчет ступени большой верности с учетом изменения параметров потока по высоте», «Проектирование профиля сопловой решетки» и «Проектирование профиля рабочей решетки» <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Особенности расчета и конструкции ступеней турбин" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 60-67 [4], стр. 322-369 [5], стр. 1-96
7	Компрессорная ступень	24	8	-	10	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Компрессорная ступень" и подготовка к контрольной работе «Решетки профилей и треугольники скоростей осевого компрессора. Определение числа ступеней газовой турбины» <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Компрессорная ступень" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [7], стр. 221-302
7.1	Компрессорная ступень	24	8	-	10	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Особенности проектирования и расчета многоступенчатых газовых турбин" и подготовка к контрольной работе «Решетки профилей и треугольники скоростей осевого компрессора. Определение числа ступеней газовой турбины» <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Особенности проектирования и расчета многоступенчатых газовых турбин" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [7], стр. 221-302
8	Особенности проектирования и расчета многоступенчатых газовых турбин	14	6	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Особенности проектирования и расчета многоступенчатых газовых турбин" и подготовка к контрольной работе «Решетки профилей и треугольники скоростей осевого компрессора. Определение числа ступеней газовой турбины» <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Особенности проектирования и расчета многоступенчатых газовых турбин" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [7], стр. 221-302
8.1	Особенности проектирования и расчета многоступенчатых	14	6	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Особенности проектирования и расчета многоступенчатых газовых турбин" и подготовка к контрольной работе «Решетки профилей и треугольники скоростей осевого компрессора. Определение числа ступеней газовой турбины» <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Особенности проектирования и расчета многоступенчатых газовых турбин" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [7], стр. 221-302

	газовых турбин												Изучение материала по разделу "Особенности проектирования и расчета многоступенчатых газовых турбин" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [8], стр. 55-81
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовой проект (КП)	72.0	-	-	-	14	-	4	-	0.3	53.7	-	
	Всего за семестр	216.0	28	14	28	14	2	4	-	0.8	91.7	33.5	
	Итого за семестр	216.0	28	14	28	16		4		0.8	125.2		
	ИТОГО	360.0	-	60	14	60	18	4		1.3	202.7		

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. Турбомашины в схемах преобразования энергии на электростанциях

1.1. Турбомашины в схемах преобразования энергии на электростанциях

Принцип действия турбомашин. Классификация энергетических машин – тепловых турбомашин: паровая и газовая турбина, компрессор, вентилятор, насос. Преимущества турбомашин. Применение турбомашин в энергетике и других отраслях промышленности. Краткая история развития турбомашин. Современное состояние.

2. Течение пара в турбинных решетках

2.1. Течение пара в турбинных решетках

Схема ступени турбины. Абсолютное и относительное движение, треугольники скоростей, изменение параметров, решетки профилей. Понятие элементарной ступени. Приложение уравнений МЖГ к турбинным ступеням. Закон сохранения массы. Уравнение расхода в относительном и абсолютном движении. Закон сохранения количества движения. Определение сил, действующих на профиль. Уравнения для работы, крутящего момента, мощности ступени турбины в абсолютном и относительном движении. Закон сохранения энергии для ступени турбины.

3. Турбинная ступень. Определение экономичности и оптимизация турбинных ступеней

3.1. Турбинная ступень. Определение экономичности и оптимизация турбинных ступеней

Тепловой процесс в ступени турбины: изображение в h,s -диаграмме, степень реактивности. Расчет треугольников скоростей. Определение размеров ступени. Основные потери в ступени, лопаточный КПД. Условия достижения максимального КПД ступени турбины. Баланс потерь. Дополнительные потери в ступени турбины: потери на трение диска и бандажа, потери от парциального подвода. Оптимальная степень парциальности. Потери от утечек и двухфазности рабочего тела. Относительный внутренний КПД. Осевые силы в ступени. Выбор характеристик и методика расчета турбинной ступени. Регулирующая ступень: особенности расчета. Подбор решеток профилей по «Атласу» и определение их характеристик. Пространственный поток в ступени турбины: описание, упрощения, постановка задачи расчета. Осесимметричный поток в ступени турбомашин. Уравнение радиального равновесия. Законы закрутки. Изменение параметров потока по радиусу ступени для закона «постоянства циркуляции». Сравнение законов закрутки. Границы применения лопаток постоянного профиля. «Длинные лопатки»..

4. Многоступенчатые турбины

4.1. Многоступенчатые турбины

Многоступенчатые турбины. Преимущества многоступенчатых турбин. «Возврат» тепла в турбине. Соотношение КПД ступени и многоступенчатой турбомашин. Процесс в h,s -диаграмме..

5. Проектирование и расчет многоступенчатых турбин

5.1. Проектирование и расчет многоступенчатых турбин

Предельные характеристики однопоточных турбин. Осевые усилия в многоступенчатых турбинах и способы их уравнивания. Системы парораспределения паровых турбин: сопловое и дроссельное; сравнение. Распределение теплоперепадов между ступенями

турбины и оптимизация группы ступеней. Методика определения числа ступеней. Выбор частоты вращения числа валов и цилиндров турбины..

6. Особенности расчета и конструкции ступеней турбин

6.1. Особенности расчета и конструкции ступеней турбин

Проектирование ступеней большой верности и профилирование для них лопаток. Особенности расчета и конструкции ступеней турбин, предназначенных для эффективного преобразования больших энергий. Ступени скорости: принцип действия, схема ступени, процесс в h,s -диаграмме. Методика расчета треугольников скоростей, удельная работа, относительный лопаточный КПД, оптимальное значение параметра $u/cф$, дополнительные потери, относительный внутренний КПД. Определение размеров ступени. Сравнение характеристик одно-, двух- и трех-венечных ступеней скорости. Биротативные турбины: принцип действия, схема ступени, процесс в h,s -диаграмме, треугольники скоростей, удельная работа, КПД. Схемы активной и реактивно-активной ступени. Примеры применения биротативных ступеней. Радиальные ступени турбомашин. Центростремительные радиальные и радиально-осевые ступени турбин: схема ступени, процесс в h,s -диаграмме, треугольники скоростей, удельная работа, КПД. Особенности расчета радиально-осевых ступеней. Примеры использования.

7. Компрессорная ступень

7.1. Компрессорная ступень

Осевые и центробежные компрессорные ступени. Особенности расчета. Методика расчета треугольников скоростей, удельная работа, относительный лопаточный КПД, дополнительные потери, относительный внутренний КПД. Выбор оптимальных параметров. Определение характерных размеров.

8. Особенности проектирования и расчета многоступенчатых газовых турбин

8.1. Особенности проектирования и расчета многоступенчатых газовых турбин

Определение термодинамических характеристик рабочего тела. Особенности расчета охлаждаемых ступеней. Классификация различных систем охлаждения, дополнительные потери, связанные с охлаждением и оценка коэффициентов скорости в решетках. Глубина и эффективность охлаждения. Оценка расхода охлаждающего воздуха. Особенности определения числа ступеней и распределения теплоперепадов по ступеням охлаждаемых турбин. Учет влияния сопротивления выходных устройств в газовых турбинах.

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет процесса в h,s -диаграмме для ступени компрессора (4 часа);
2. Определение сил, крутящего момента и удельной работы ступени компрессора по треугольникам скоростей (2 часа);
3. Расчет элементов треугольников скоростей ступени компрессора (2 часа);
4. Расчет параметров по радиусу ступени (4 часа);
5. Расчет двухвенечной ступени скорости (4 часа);
6. Расчет числа ступеней многоступенчатой паровой турбины (4 часа);
7. Предельная мощность однопоточной турбины (2 часа);
8. Многоступенчатые турбины (2 часа);
9. Расчет дополнительных потерь в ступени турбомашин (6 часов);
10. Расчет КПД и степени реактивности ступеней компрессора по треугольникам скоростей (2 часа);

11. Расчет КПД и степени реактивности ступени турбины по треугольникам скоростей (4 часа);
12. Расчет процесса в h,s -диаграмме для ступени паровой турбины с использованием диаграммы и таблиц водяного пара (4 часа);
13. Расчет процесса в h,s -диаграмме для ступени газовой турбины (4 часа);
14. Определение сил, крутящего момента и удельной работы ступени турбины по треугольникам скоростей (2 часа);
15. Расчет элементов треугольников скоростей ступени турбины (2 часа);
16. Определение расхода рабочего тела через решетки турбины (4 часа);
17. Работа с «Атласом» профилей МЭИ (4 часа);
18. Расчет числа ступеней многоступенчатой газовой турбины (4 часа).

3.4. Темы лабораторных работ

1. Расчет и оптимизация группы унифицированных ступеней (2 часа);
2. Расчет ступени большой веерности с учетом изменения параметров потока по высоте (2 часа);
3. Проектирование профиля сопловой решетки (4 часа);
4. Проектирование профиля рабочей решетки (6 часов).

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

8 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- Тепловой расчет отсека или цилиндра турбомашины и проектирование одной из ее ступеней

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 2	3 - 5	6 - 9	10 - 12	13	14	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	5	6	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	5	20	20	15	25	15	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	5	25	45	60	85	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Ознакомление с заданием на проект и методическими указаниями. Ознакомление с прототипом
2	Тепловой расчет цилиндра или отсека турбомашины
3	Аэродинамический расчет одной из ступеней турбомашины
4	Прочностной расчет элементов ступени турбомашины
5	Выполнение продольного разреза детально рассчитанной ступени турбомашины
6	Оформление расчетно-пояснительной записки и графического материала

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		
Знать:											
теоретические основы рабочих процессов, происходящих в турбинной ступени	ИД-1пк-1		+								Расчетно-графическая работа/Выполнение п.5 и защита расчетного задания «Аэродинамический расчет турбинной ступени» Контрольная работа/Контрольная работа «Решетки профилей. Треугольники скоростей»
теоретические основы рабочих процессов, происходящих в ступени компрессора	ИД-1пк-1								+		Контрольная работа/Контрольная работа «Решетки профилей и треугольники скоростей осевого компрессора. Определение числа ступеней газовой турбины»
теоретические основы рабочих процессов, происходящих в группе ступеней	ИД-1пк-1				+						Тестирование/Тест «Многоступенчатые паровые турбины»
конструкцию и принцип работы турбинных ступеней	ИД-2пк-1				+						Расчетно-графическая работа/Выполнение п.5 и защита расчетного задания «Аэродинамический расчет турбинной ступени»
конструкцию и принцип работы компрессорных ступеней	ИД-2пк-1								+		Контрольная работа/Контрольная работа «Решетки профилей и треугольники скоростей осевого компрессора. Определение числа ступеней газовой турбины»
основные термины, понятия и определения	ИД-2пк-1	+									Тестирование/Тест «Терминология. Основные понятия и определения»
основные методы теплового расчета проточной части многоступенчатой турбины	ИД-3пк-1					+					Лабораторная работа/Лабораторная работа «Расчет и оптимизация группы унифицированных ступеней»
основные методы аэродинамического расчета ступеней турбомашин	ИД-3пк-1				+						Расчетно-графическая работа/Выполнение п.5 и защита расчетного задания

										«Аэродинамический расчет турбинной ступени»
особенности расчета проточной части газовой турбины	ИД-3ПК-1								+	Контрольная работа/Контрольная работа «Решетки профилей и треугольники скоростей осевого компрессора. Определение числа ступеней газовой турбины»
основные геометрические характеристики ступеней турбомашин, их влияние на потери энергии в ступени	ИД-4ПК-1			+						Расчетно-графическая работа/Выполнение п.5 и защита расчетного задания «Аэродинамический расчет турбинной ступени»
основные энергетические характеристики ступеней турбомашин, причины потерь энергии в ступени	ИД-4ПК-1			+						Расчетно-графическая работа/Выполнение п.5 и защита расчетного задания «Аэродинамический расчет турбинной ступени» Контрольная работа/Контрольная работа «Расчет турбинной ступени по параметрам на среднем диаметре»
особенности проектирования ступеней турбомашин	ИД-5ПК-1							+		Контрольная работа/Контрольная работа «Предельная мощность однопоточной турбины. Особенности расчета турбинных ступеней»
Уметь:										
рассчитывать тепловые процессы в ступени компрессора	ИД-1ПК-1								+	Контрольная работа/Контрольная работа «Решетки профилей и треугольники скоростей осевого компрессора. Определение числа ступеней газовой турбины»
рассчитывать тепловые процессы в турбинной ступени	ИД-1ПК-1			+						Контрольная работа/Контрольная работа «Расчет турбинной ступени по параметрам на среднем диаметре» Контрольная работа/Контрольная работа «Решетки профилей. Треугольники скоростей»
объяснять физические принципы работы	ИД-2ПК-1			+						Расчетно-графическая работа/Выполнение п.5

ступеней турбомашин										и защита расчетного задания «Аэродинамический расчет турбинной ступени»
применять типовые методики для расчета и проектирования группы ступеней	ИД-3 _{ПК-1}							+		Контрольная работа/Контрольная работа «Предельная мощность однопоточной турбины. Особенности расчета турбинных ступеней» Лабораторная работа/Лабораторная работа «Расчет и оптимизация группы унифицированных ступеней»
применять типовые методики для расчета отдельных ступеней с определением их интегральных характеристик	ИД-3 _{ПК-1}				+					Расчетно-графическая работа/Выполнение пп.1-2 расчетного задания «Аэродинамический расчет турбинной ступени»
проводить тепловой расчет проточной части многоступенчатой газовой турбины	ИД-3 _{ПК-1}								+	Контрольная работа/Контрольная работа «Решетки профилей и треугольники скоростей осевого компрессора. Определение числа ступеней газовой турбины»
осуществлять подбор решеток профилей по «Атласу» и определять их характеристик	ИД-4 _{ПК-1}				+					Расчетно-графическая работа/Выполнение пп.3-4 расчетного задания «Аэродинамический расчет турбинной ступени»
профилировать решетки турбинных ступеней	ИД-4 _{ПК-1}								+	Лабораторная работа/Лабораторная работа «Проектирование профиля рабочей решетки» Лабораторная работа/Лабораторная работа «Проектирование профиля сопловой решетки»
учитывать влияние условий работы ступени турбомашин на принимаемые конструктивные решения при ее проектировании	ИД-5 _{ПК-1}								+	Лабораторная работа/Лабораторная работа «Расчет ступени большой веерности с учетом изменения параметров потока по высоте»
анализировать влияние основных характеристик ступеней турбомашин на их технико-экономические показатели и турбомашин в целом	ИД-6 _{ПК-1}				+					Расчетно-графическая работа/Выполнение п.5 и защита расчетного задания «Аэродинамический расчет турбинной ступени»

										<p>Расчетно-графическая работа/Выполнение п.п.3-4 расчетного задания «Аэродинамический расчет турбинной ступени»</p> <p>Контрольная работа/Контрольная работа «Решетки профилей. Треугольники скоростей»</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

7 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Выполнение п.5 и защита расчетного задания «Аэродинамический расчет турбинной ступени» (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Тест «Многоступенчатые паровые турбины» (Тестирование)
2. Тест «Терминология. Основные понятия и определения» (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Расчет турбинной ступени по параметрам на среднем диаметре» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа «Решетки профилей. Треугольники скоростей» (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Выполнение пп.1-2 расчетного задания «Аэродинамический расчет турбинной ступени» (Расчетно-графическая работа)
2. Выполнение пп.3-4 расчетного задания «Аэродинамический расчет турбинной ступени» (Расчетно-графическая работа)

8 семестр

Форма реализации: Выполнение задания

1. Лабораторная работа «Расчет и оптимизация группы унифицированных ступеней» (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа «Расчет ступени большой веерности с учетом изменения параметров потока по высоте» (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Предельная мощность однопоточной турбины. Особенности расчета турбинных ступеней» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа «Решетки профилей и треугольники скоростей осевого компрессора. Определение числа ступеней газовой турбины» (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Лабораторная работа «Проектирование профиля рабочей решетки» (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа «Проектирование профиля сопловой решетки» (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №7)

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

Экзамен (Семестр №8)

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

Курсовой проект (КП) (Семестр №8)

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

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. 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>;
2. Костюк А.Г. , Фролов В. В., Булкин А.Е. , Трухний А.Д. - "Паровые и газовые турбины для электростанций", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2016 - (557 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72260;
3. Щегляев, А. В. Паровые турбины: Теория теплового процесса и конструкции турбин. Кн.1. : Учебник для энергомашиностроительных и теплоэнергетических специальностей вузов / А. В. Щегляев . – 6-е изд, перераб. и доп . – М. : Энергоатомиздат, 1993 . – 383 с. : 60.00 .;
4. Дейч, М. Е. Газодинамика решеток турбомашин / М. Е. Дейч ; Ред. Г. А. Филиппов . – М. : Энергоатомиздат, 1996 . – 528 с. - ISBN 5-283-00155-5 : 50000.00 .;
5. Дейч, М. Е. Атлас профилей решеток осевых турбин : учебное пособие для вузов по специальности "Турбостроение" / М. Е. Дейч, Г. А. Филиппов, Л. Я. Лазарев . – М. : Машиностроение, 1965 . – 96 с. - Атлас выпущен к 60-летию юбилею МЭИ .;
6. Щегляев, А. В. Паровые турбины: Теория теплового процесса и конструкции турбин. Кн. 2. : Учебник для энергомашиностроительных и теплоэнергетических специальностей вузов / А. В. Щегляев . – 6-е изд., перераб. и доп . – М. : Энергоатомиздат, 1993 . – 414 с. : 60.60 .;
7. А. Н. Шерстюк- "Насосы, вентиляторы и компрессоры", Издательство: "Высшая школа", Москва, 1972 - (343 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=561897>;
8. Абрамов, В. И. Учебное пособие по курсу "Газотурбинные установки": Основы проектирования и расчета стационарных газотурбинных установок / В. И. Абрамов, В. В. Чижов ; Ред. А. И. Соколов ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1988 . – 100 с.;
9. Зиновьев Д. В.- "Основы моделирования в SolidWorks", Издательство: "ДМК Пресс", Москва, 2017 - (240 с.)
<https://e.lanbook.com/book/97361>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Компас 3D;

6. SmathStudio;
7. 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
	Б-407, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-407, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	П-31, Компьютерный класс	стол преподавателя, стол учебный, стул, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-413, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор,

		экран, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
	П-28, Комната для самостоятельных занятий студентов	
Помещения для консультирования	П-24а, Кабинет заведующего кафедрой	
	П-34, Кабинет сотрудников каф. ПГТ (доц. Митрохова О.М. и асс. Гурьянова А.В.)	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	П-42, Кафедральная библиотека	
	П-05/1, Помещение для учебного инвентаря	
	П-03/3, Подсобное помещение	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Лопастные турбомашинны

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест «Терминология. Основные понятия и определения» (Тестирование)
- КМ-2 Контрольная работа «Решетки профилей. Треугольники скоростей» (Контрольная работа)
- КМ-3 Выполнение пп.1-2 расчетного задания «Аэродинамический расчет турбинной ступени» (Расчетно-графическая работа)
- КМ-4 Контрольная работа «Расчет турбинной ступени по параметрам на среднем диаметре» (Контрольная работа)
- КМ-5 Выполнение пп.3-4 расчетного задания «Аэродинамический расчет турбинной ступени» (Расчетно-графическая работа)
- КМ-6 Тест «Многоступенчатые паровые турбины» (Тестирование)
- КМ-7 Выполнение п.5 и защита расчетного задания «Аэродинамический расчет турбинной ступени» (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	4	8	10	12	14	15	16
1	Турбомашинны в схемах преобразования энергии на электростанциях								
1.1	Турбомашинны в схемах преобразования энергии на электростанциях		+						
2	Течение пара в турбинных решетках								
2.1	Течение пара в турбинных решетках			+					+
3	Турбинная ступень. Определение экономичности и оптимизация турбинных ступеней								
3.1	Турбинная ступень. Определение экономичности и оптимизация турбинных ступеней			+	+	+	+		+
4	Многоступенчатые турбины								
4.1	Многоступенчатые турбины							+	
Вес КМ, %:			5	15	15	20	15	5	25

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-8 Лабораторная работа «Расчет и оптимизация группы унифицированных ступеней» (Лабораторная работа)
- КМ-9 Лабораторная работа «Расчет ступени большой верности с учетом изменения параметров потока по высоте» (Лабораторная работа)
- КМ-10 Контрольная работа «Предельная мощность однопоточной турбины. Особенности расчета турбинных ступеней» (Контрольная работа)
- КМ-11 Лабораторная работа «Проектирование профиля сопловой решетки» (Лабораторная работа)
- КМ-12 Контрольная работа «Решетки профилей и треугольники скоростей осевого компрессора. Определение числа ступеней газовой турбины» (Контрольная работа)
- КМ-13 Лабораторная работа «Проектирование профиля рабочей решетки» (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-8	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12	КМ-13
		Неделя КМ:	4	6	8	12	13	14
1	Проектирование и расчет многоступенчатых турбин							
1.1	Проектирование и расчет многоступенчатых турбин		+		+			
2	Особенности расчета и конструкции ступеней турбин							
2.1	Особенности расчета и конструкции ступеней турбин			+	+	+		+
3	Компрессорная ступень							
3.1	Компрессорная ступень						+	
4	Особенности проектирования и расчета многоступенчатых газовых турбин							
4.1	Особенности проектирования и расчета многоступенчатых газовых турбин						+	
Вес КМ, %:			15	10	15	20	15	25

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Лопастные турбомашинны

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

- КМ-1 Соблюдение графика выполнения КП
- КМ-2 Оценка выполнения раздела КП
- КМ-3 Оценка выполнения раздела КП
- КМ-4 Оценка выполнения раздела КП
- КМ-5 Оценка выполнения и оформления чертежа
- КМ-6 Соблюдение графика выполнения КП и качество оформления расчетно-пояснительной записки и графического материала

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:	2	5	9	12	13	14
1	Ознакомление с заданием на проект и методическими указаниями. Ознакомление с прототипом		+					
2	Тепловой расчет цилиндра или отсека турбомашинны			+				
3	Аэродинамический расчет одной из ступеней турбомашинны				+			
4	Прочностной расчет элементов ступени турбомашинны					+		
5	Выполнение продольного разреза детально рассчитанной ступени турбомашинны						+	
6	Оформление расчетно-пояснительной записки и графического материала							+
Вес КМ, %:			5	20	20	15	25	15