

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: Автоматизация технологических процессов в теплоэнергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТУРБИНЫ ТЭС И АЭС

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;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	6 семестр - 28 часа;
Практические занятия	6 семестр - 14 часов;
Лабораторные работы	6 семестр - 14 часов;
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	6 семестр - 87,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Контрольная работа Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	6 семестр - 0,3 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Попов В.В.
	Идентификатор	R61bb6e6c-PopovVitV-00d457fc

(подпись)

В.В. Попов

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мезин С.В.
	Идентификатор	R420ae592-MezinSV-dc40cfee

(подпись)

С.В. Мезин

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Черняев А.Н.
	Идентификатор	R7a97f450-ChernyaevAN-b37575e

(подпись)

А.Н. Черняев

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение теоретических основ технологических процессов в энергетических турбомашинах тепловых и атомных электростанций с приобретением практики расчетов ступеней турбин и турбинной установки в целом, а также изучение конструкций турбомашин и принципов их эксплуатации

Задачи дисциплины

- изучение принципов действия и основ рабочих процессов энергетических турбомашин тепловых и атомных электростанций;
- освоение алгоритмов расчета турбинной ступени и проточной части энергетических турбомашин с учетом их максимальной эффективности и надежности;
- изучение конструкции энергетических турбомашин тепловых и атомных электростанций;
- изучение переменных режимов при эксплуатации турбоустановок.

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 участвовать в эксплуатации автоматизированных систем управления объектами профессиональной деятельности	ИД-1 _{ПК-2} Демонстрирует знание принципов действия, конструкций и режимов работы объектов профессиональной деятельности с учетом обеспечения экологической безопасности в соответствии с технологией производства	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none">- термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплоэнергетических установках;- тепловые схемы и основы рабочих процессов энергетических машин;- типы и маркировки энергетических турбин, их компоновки для энергоблоков ТЭС и АЭС;- основные особенности конструкций энергетических машин для тепловых, парогазовых и атомных электрических станций;- основы переменных режимов при эксплуатации турбоагрегатов. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">- применять основные методы теплового и аэродинамического расчета турбинной ступени и проточной части энергетических машин;- применять типовые методики для расчета и проектирования отдельных ступеней турбин и турбинной установки в целом с определением их интегральных характеристик.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Автоматизация технологических процессов в теплоэнергетике (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 4 зачетных единицы, 144 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. Общая характеристика типов энергетических турбомашин ТЭС и АЭС. Паровые и газовые турбины. Парогазовые установки. Тепловые схемы и термодинамические циклы	39	6	6	9	4	-	-	-	-	-	20	-	<p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД)</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД)</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД)</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p>
1.1	Введение в курс. Общая характеристика типов энергетических турбомашин ТЭС и АЭС. Паровые и газовые турбины. Парогазовые установки. Тепловые схемы и термодинамические циклы	39		6	9	4	-	-	-	-	-	20	-	
2	Турбинная ступень. Устройство и основные характеристики.	40		10	-	6	-	-	-	-	-	-	24	

	турбины в целом. Системы парораспределения												самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], [1], стр. 83–89; [1], стр. 190–209, 212–216 [4], [1], стр. 83–89; [1], стр. 190–209, 212–216
4.1	Переменный режим работы ступени и турбины в целом. Системы парораспределения	16	6	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	144.0	28	14	14	-	-	-	-	0.3	70	17.7	
	Итого за семестр	144.0	28	14	14	-	-	-	-	0.3	87.7		

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. Общая характеристика типов энергетических турбомашин ТЭС и АЭС. Паровые и газовые турбины. Парогазовые установки. Тепловые схемы и термодинамические циклы

1.1. Введение в курс. Общая характеристика типов энергетических турбомашин ТЭС и АЭС. Паровые и газовые турбины. Парогазовые установки. Тепловые схемы и термодинамические циклы

История развития турбостроения. Принцип действия лопастных машин. Турбины Лаваля и Парсонса. Тепловые схемы ПТУ. Цикл Ренкина. Термический КПД цикла Ренкина. Пути повышения термического КПД. Показатели эффективности ПТУ. Классификация паровых турбин. Схема и цикл простой ГТУ. КПД ГТУ, полезная работа ГТУ и коэффициент полезной работы. Парогазовые установки утилизационного типа.

2. Турбинная ступень. Устройство и основные характеристики. Тепловой и аэродинамический расчет турбинной ступени

2.1. Турбинная ступень. Устройство и основные характеристики. Тепловой и аэродинамический расчет турбинной ступени

Турбинные решетки. Геометрические характеристики турбинных решеток. Устройство и принцип действия осевой турбинной ступени. Треугольники скоростей. Процесс в осевой турбинной ступени в h,s -диаграмме. Алгоритм теплового и аэродинамического расчета турбинной ступени. Усилия, действующие на рабочие лопатки. Мощность и удельная работа осевой турбинной ступени. Относительный лопаточный КПД. Степень реактивности. Структура потерь энергии в турбинной ступени. Определение относительного лопаточного КПД для активной ступени. Влияние отношения скоростей U/C_f на величину потерь в турбинной решетке. Дополнительные потери в осевой турбинной ступени. Относительный внутренний КПД ступени. Степень парциальности. Двухвенечная турбинная ступень. Тепловой расчет и определение геометрических размеров двухвенечной турбинной ступени.

3. Многоступенчатые турбины. Особенности. Основы расчета, выбора конструкций и проектирования

3.1. Многоступенчатые турбины. Особенности. Основы расчета, выбора конструкций и проектирования

Многоступенчатые турбины. Тепловой процесс. Коэффициент возврата теплоты. Осевые усилия. Концевые уплотнения. Предельная мощность однопоточной турбины. Особенности частей высокого, среднего и низкого давления мощных паровых турбин. Определение числа ступеней на отсек проточной части. Ступени с длинными лопатками. Изменение основных параметров ступени вдоль радиуса.

4. Переменный режим работы ступени и турбины в целом. Системы парораспределения

4.1. Переменный режим работы ступени и турбины в целом. Системы парораспределения
Работа осевой турбинной ступени при переменном режиме. Сетка расходов А.В.Щегляева. Переменный режим работы группы ступеней. Формула Стодолы–Флюгеля. Работа турбины при переменном режиме. Формула Стодолы–Флюгеля (без вывода). Системы парораспределения: дроссельное и сопловое. Переменный режим работы турбины с дроссельным парораспределением. Переменный режим работы турбины с сопловым парораспределением. Выбор системы парораспределения. Регулирование мощности энергоблока методом скользящего давления.

3.3. Темы практических занятий

1. Показатели тепловой экономичности ПТУ (2 часа);
2. Предельная мощность паровых турбин. Расчет числа ступеней и размеров последней ступени ЦНД. Определение числа ЦНД (2 часа);
3. Показатели тепловой экономичности ГТУ (2 часа);
4. Турбинная ступень. Процесс расширения в турбинной ступени. Расчет треугольников скоростей. Усилия, действующие на рабочие лопатки. (2 часа);
5. Турбинная ступень. Мощность и удельная работа осевой турбинной ступени. Основные потери в турбинной ступени. Относительный лопаточный КПД (2 часа);
6. Турбинная ступень. Расчет дополнительных потерь в ступени. Внутренний относительный КПД. Алгоритм теплового расчета турбинной ступени (2 часа);
7. Расчет переменного режима турбинной ступени и отсека турбины (2 часа).

3.4. Темы лабораторных работ

1. Тепловая схема ТЭЦ МЭИ (4,5 часа).;
2. Конденсационная установка ТЭЦ МЭИ (4,5 часа);
3. Конструкция паровой турбины П-6-35/5 КТЗ (5 часов).

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

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	
Знать:						
основы переменных режимов при эксплуатации турбоагрегатов	ИД-1 _{ПК-2}				+	Тестирование/Тест "Переменный режим работы турбоагрегата"
основные особенности конструкций энергетических машин для тепловых, парогазовых и атомных электрических станций	ИД-1 _{ПК-2}		+	+	+	Тестирование/Защита лабораторной работы "Конструкция паровой турбины П-6-35/5 КТЗ"
типы и маркировки энергетических турбин, их компоновки для энергоблоков ТЭС и АЭС	ИД-1 _{ПК-2}	+				Тестирование/Тест "Типы и маркировки турбин ТЭС и АЭС"
тепловые схемы и основы рабочих процессов энергетических машин	ИД-1 _{ПК-2}	+				Тестирование/Тест "Термины и определения, классификация и основные величины, характеризующие экономичность циклов ПТУ и ГТУ"
термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплоэнергетических установках	ИД-1 _{ПК-2}	+	+	+		Тестирование/Защита лабораторной работы "Конденсационная установка ТЭЦ МЭИ" Тестирование/Защита лабораторной работы "Тепловая схема ТЭЦ МЭИ"
Уметь:						
применять типовые методики для расчета и проектирования отдельных ступеней турбин и турбинной установки в целом с определением их интегральных характеристик	ИД-1 _{ПК-2}	+	+	+	+	Расчетно-графическая работа/Выполнение и защита расчетно-графической работы
применять основные методы теплового и аэродинамического расчета турбинной ступени и проточной части энергетических машин	ИД-1 _{ПК-2}	+	+	+		Контрольная работа/Контрольная работа "Тепловой и аэродинамический расчет характеристик турбинной ступени"

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: Компьютерное задание

1. Защита лабораторной работы "Конденсационная установка ТЭЦ МЭИ" (Тестирование)
2. Защита лабораторной работы "Конструкция паровой турбины П-6-35/5 КТЗ" (Тестирование)
3. Защита лабораторной работы "Тепловая схема ТЭЦ МЭИ" (Тестирование)
4. Тест "Переменный режим работы турбоагрегата" (Тестирование)
5. Тест "Термины и определения, классификация и основные величины, характеризующие экономичность циклов ПГУ и ГТУ" (Тестирование)
6. Тест "Типы и маркировки турбин ТЭС и АЭС" (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Выполнение и защита расчетно-графической работы (Расчетно-графическая работа)
2. Контрольная работа "Тепловой и аэродинамический расчет характеристик турбинной ступени" (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №6)

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

В диплом выставляется оценка за 6 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. Паровые турбины ТЭС и АЭС. Практические занятия : учебное пособие по направлению "Энергомашиностроение" / А. Н. Троицкий, В. Г. Грибин, С. С. Дмитриев, и др., Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2009 . – 80 с. - К 65-летию основания Энергомашиностроительного факультета (Ин-та энергомашиностроения и механики) в техническом ун-те МЭИ . - ISBN 978-5-383-00333-6 .
http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=399;
3. Производственное обучение и испытание турбоустановок и вспомогательного оборудования на ТЭЦ МЭИ : Учебное пособие по курсам "Экспериментальное исследование турбоустановок" и "Паровые турбины и газотурбинные установки и двигатели" по

направлению "Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели" / А. Н. Троицкий, А. И. Соколов, Б. В. Богомолов, и др., Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 92 с. - ISBN 5-7046-0921-X .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7798;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7798)

4. Трухний А.Д.- "Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций", Издательство: "МЭИ", Москва, 2019

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014004.html>.

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. SmathStudio.

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-6, Лаборатория каф. "ПГТ"	
Учебные аудитории для проведения лабораторных	К-001/3, Лаборатория каф. "ПГТ"	

занятий		
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-205, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, колонки
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
Помещения для консультирования	П-22, Кабинет сотрудников каф. ПГТ (проф. Богомолова Т.В.)	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	, Склад	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Турбины ТЭС и АЭС

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест "Термины и определения, классификация и основные величины, характеризующие экономичность циклов ПТУ и ГТУ" (Тестирование)
- КМ-2 Тест "Типы и маркировки турбин ТЭС и АЭС" (Тестирование)
- КМ-3 Контрольная работа "Тепловой и аэродинамический расчет характеристик турбинной ступени" (Контрольная работа)
- КМ-4 Защита лабораторной работы "Тепловая схема ТЭЦ МЭИ" (Тестирование)
- КМ-5 Защита лабораторной работы "Конденсационная установка ТЭЦ МЭИ" (Тестирование)
- КМ-6 Защита лабораторной работы "Конструкция паровой турбины П-6-35/5 КТЗ" (Тестирование)
- КМ-7 Тест "Переменный режим работы турбоагрегата" (Тестирование)
- КМ-8 Выполнение и защита расчетно-графической работы (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

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	7	8	10	12	13	14
1	Введение в курс. Общая характеристика типов энергетических турбомашин ТЭС и АЭС. Паровые и газовые турбины. Парогазовые установки. Тепловые схемы и термодинамические циклы									
1.1	Введение в курс. Общая характеристика типов энергетических турбомашин ТЭС и АЭС. Паровые и газовые турбины. Парогазовые установки. Тепловые схемы и термодинамические циклы		+	+	+	+	+			+
2	Турбинная ступень. Устройство и основные характеристики. Тепловой и аэродинамический расчет турбинной ступени									
2.1	Турбинная ступень. Устройство и основные характеристики. Тепловой и аэродинамический расчет турбинной ступени				+	+	+	+		+

3	Многоступенчатые турбины. Особенности. Основы расчета, выбора конструкций и проектирования								
3.1	Многоступенчатые турбины. Особенности. Основы расчета, выбора конструкций и проектирования			+	+	+	+		+
4	Переменный режим работы ступени и турбины в целом. Системы парораспределения								
4.1	Переменный режим работы ступени и турбины в целом. Системы парораспределения						+	+	+
Вес КМ, %:		5	5	15	15	15	15	5	25