

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Теплоэнергетические системы и цифровые технологии

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Рабочая программа дисциплины
ТУРБИНЫ ТЭС И АЭС (профиль 1)

Блок	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы	Формируемая участниками образовательных отношений
Индекс дисциплины по учебному плану	Б1.В.11
Трудоемкость в зачетных единицах	6 семестр – 6 всего – 6
Часов (всего) по учебному плану	216
Лекции	6 семестр – 16 часов всего – 16 часов
Практические занятия	6 семестр – 16 часов всего – 16 часов
Лабораторные работы	6 семестр – 16 часов всего – 16 часов
Консультации по курсовому проекту	6 семестр – 16 часов всего – 16 часов
Самостоятельная работа	6 семестр – 111,7 часов всего – 111,7 часов
включая: курсовая работа	6 семестр – 16 часов всего – 16 часов
Промежуточная аттестация: экзамен защита курсового проекта	6 семестр – 2,5 часа 6 семестр – 4 часа
Контроль: экзамен	6 семестр – 33,5 часа

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Старший преподаватель кафедры
ТЭиТТ

(должность, ученая степень, ученое звание)



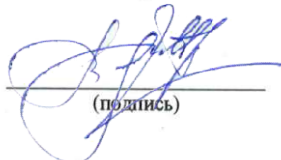
(подпись)

Е.В. Курьянова

(расшифровка подписи)

Заведующий кафедрой ТЭиТТ

(название кафедры)



(подпись)

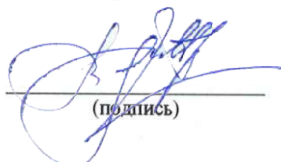
М.М. Султанов

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Теплоэнергетические системы и цифровые технологии

Доцент кафедры ТЭиТТ,
к.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

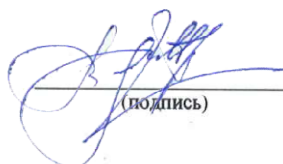
М.М. Султанов

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой ТЭиТТ

(название кафедры)



(подпись)

М.М. Султанов

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины состоит в изучении устройства паровых и газовых турбин; получение знаний о преобразовании энергии в элементах турбины, характеристиках турбинных решеток, теплового расчета ступени и турбины, расчета на прочность элементов турбины.

Задачами дисциплины являются:

- освоение понятий, связанных с работой ступени турбины и турбины в целом;
- приобретение знаний о закономерностях изменения параметров в проточной части турбины, видах потерь энергии, основных типах турбин и особенностях их работы.

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ИД-1 _{ОПК-3} Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы	знать: <ul style="list-style-type: none">– термодинамические процессы преобразования энергии в паровых турбинах;– процессы преобразования энергии в турбинной ступени;– основные законы течения сжимаемой жидкости. уметь: <ul style="list-style-type: none">-производить построение процесса расширения пара в турбине;- рассчитывать показатели тепловой экономичности ТЭС.
	ИД-2 _{ОПК-3} Применяет знания основ термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей	знать: <ul style="list-style-type: none">– принципы работы, технические характеристики и конструктивные особенности элементов и узлов паровых турбин;– основные методы проектирования и конструирования элементов и узлов турбомашин. уметь: <ul style="list-style-type: none">- выполнять расчет ЦВД паровой турбины, а также ее ступени по типовым методикам;- рассчитывать параметры потока в проточной части паровой турбины.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен», «Гидрогазодинамика», «Котельные установки» в объеме программы бакалавриата.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: «Тепловые электрические станции», «Парогазовые и газотурбинные установки».

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)	
				Контактная						СР	Контроль		
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА				
1	Тепловые циклы паротурбинных установок	20	6	4	4	2	2	-	—	8	—	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 12-54. [2], стр. 11-30.	
2	Тепловые процессы в паровой турбине и ее принципиальное устройство	46	6	6	6	6	10	-	—	18	—	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 38-54, 158-160. [2], стр. 54-57. [3], стр. 189-197.	
3	Конструкции и основы эксплуатации теплофикационных паровых турбин	42	6	6	6	8	4	-	—	18	—	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 239-320, 381-408, 420-460. [2], стр. 60-65, 374-394. [3], стр. 197-214.	
4	Курсовой проект	72						4	0,3	67,7		Согласно графику выполнения	
5	Экзамен	36	6	—	—	—	—	—	2,5	—	33,5	Экзамен проводится в письменной форме по билетамсогласно программе экзамена	
	Итого за семестр	216	6	16	16	16	16	4	2,8	111,7	33,5		

Примечание: Лек – лекции; Пр – практические занятия; Лаб – лабораторные работы; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ПА – промежуточная аттестация; СР – самостоятельная работа студента.

3.2. Краткое содержание разделов

бсеместр

1. Тепловые циклы паротурбинных установок

Обзор развития паротурбостроения. Классификация паровых турбин. Общее устройство и показатели работы турбоустановки. Схема и устройство турбины, основные узлы турбины, тепловые схемы. Совершенствование цикла ПТ: влияние параметров свежего пара на эффективность работы турбины. Влияние конечного давления. Промежуточный перегрев пара. Регенеративный подогрев питательной воды.

2. Тепловые процессы в паровой турбине и ее принципиальное устройство.

Основные уравнения потока сжимаемой жидкости. Статические и полные параметры. Преобразование энергии в турбинной ступени. Кинематика течения и форма лопаток. План скоростей, изменение параметров в ступени, основные типы ступеней турбины. Степень реактивности, сравнение активных и реактивных ступеней. Усилия на лопатках турбины. Относительный лопаточный КПД. Оптимизация параметров работы турбины. Оптимизация ступени турбины. Геометрические соотношения в решетках профилей, характеристики решеток. Профильные потери, выбор решеток. Потери в ступени турбины. Многоступенчатые турбины, режимы работы, возврат тепла. Предельная мощность турбины, выбор числа ступеней турбины, Изменение осевых и радиальных зазоров в турбине. Системы парораспределения.

3. Конструкции и основы эксплуатации теплофикационных паровых турбин.

Конструкции паровых турбин. Регулирование турбины по скользящим параметрам. Регулирование турбин. Системы защиты. Маслосистема турбин. Эрозионный износ проточной части турбин. Прочность и динамика турбомашин. Пуск теплофикационной установки.

3.3. Темы практических занятий

6 семестр

1. Показатели тепловой экономичности турбоустановок ТЭС и АЭС. Влияние начальных параметров пара на эффективность работы турбины (2 часа).
2. Процесс расширения в турбинной ступени. Расчет треугольников скоростей. (2 часа).
3. Расчеты элементов турбины на прочность (4 часа).
4. Методика теплового расчета турбинной ступени (6 часов).
5. Расчет дополнительных потерь ступени. Внутренний относительный КПД (2 часа).

3.4. Темы лабораторных работ

1. Системы регенерации высокого и низкого давления паровой турбины.
2. Система смазки и уплотнения вала генератора паровой турбины.
3. Теплофикационная и конденсационная установка паровой турбины.
4. Тепловые и механические показатели работы паровой турбины.

3.5. РГР

РГР учебным планом не предусмотрены.

3.6. Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовая работа: «Расчет

6 семестр

Курсовой проект: «Расчет паровой турбины» (по вариантам).

График выполнения курсового проекта

Неделя	1	2	3	4	Зачетная
Раздел курсового проекта	1,2,3,4	5,6,7	8,9	10	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	25	25	35	15	—
Выполненный объем нарастающим итогом, %	25	50	85	100	—

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Выбор и обоснование исходных данных для расчета цилиндра турбины
2	Предварительная оценка КПД цилиндра турбины, определение теплоперепадов и расхода пара
3	Определение расхода пара в регенеративные отборы
4	Определение оптимального давления в камере регулирующей ступени
5	Форма проточной части цилиндра, размеры первой, второй и последней ступеней цилиндра турбины
6	Определение числа ступеней в проточной части цилиндра
7	Определение параметров пара перед ступенями цилиндра турбины, построение графиков распределения температуры и давления в проточной части цилиндра
8	Уточненный расчет промежуточной нерегулируемой ступени
9	Чертежи продольного и поперечного разрезов цилиндра турбины. Описание турбины
10	Оформление пояснительной записки

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Номер и наименование результатов образования по дисциплине (в соответствии с разделом 3)	Индекс компетенции	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)			Формы контроля
		6 семестр			
		1	2	3	
Знать:					
термодинамические процессы преобразования энергии в паровых турбинах	ИД-1 _{ОПК-3}	X			Тест «Преобразование энергии на тепловых электростанциях»
процессы преобразования энергии в турбинной ступени	ИД-1 _{ОПК-3}		X		Тест «Преобразование энергии в турбинной ступени»
основные законы течения сжимаемой жидкости	ИД-1 _{ОПК-3}		X		Тест «Основные уравнения для потока сжимаемой жидкости »
Уметь:					
производить построение процесса расширения пара в турбине	ИД-1 _{ОПК-3}	X			Контрольная работа «Построение процесса расширения пара в турбине»
рассчитывать показатели тепловой экономичности ТЭС	ИД-1 _{ОПК-3}	X	X		Тест «Показатели тепловой экономичности ТЭС»
Знать:					
принципы работы, технические характеристики и конструктивные особенности элементов и узлов паровых турбин	ИД-2 _{ОПК-3}		X	X	Тест «Основные узлы и элементы паровой турбины»
основные методы проектирования и конструирования элементов и узлов турбомашин	ИД-2 _{ОПК-3}			X	Защита курсового проекта
уметь:					
выполнять расчет ЦВД паровой турбины, а также ее ступени по типовым методикам	ИД-2 _{ОПК-3}		X		Защита курсового проекта
рассчитывать параметры потока в проточной части паровой турбины	ИД-2 _{ОПК-3}		X		Защита курсового проекта
<i>Всего часов на раздел дисциплины (в соответствии с п.3.1)</i>		20	46	42	

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:

6 семестр

– тестирование:

1. Тест «Преобразование энергии на тепловых электростанциях»
2. Тест «Преобразование энергии в турбинной ступени»
3. Тест «Основные уравнения для потока сжимаемой жидкости»
4. Тест «Показатели тепловой экономичности ТЭС»
5. Тест «Основные узлы и элементы паровой турбины»

– контрольная работы:

1. Контрольная работа «Построение процесса расширения пара в турбине»
– защита лабораторных работ.

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):

6 семестр

Промежуточная аттестация проводится в форме, указанной в учебном плане: экзамен, защита курсового проекта.

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

В приложение к диплому выносится оценка за 6 семестр.

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

В приложение к диплому выносится оценка за 6 семестр и за курсовой проект.

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 / А. Г. Костюк, А. Е. Булкин, А. Д. Трухний - Москва : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01400-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014004.html>.
2. Трухний, А. Д. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки : учебное пособие для вузов / А. Д. Трухний, Б. В. Ломакин. - 2-е изд. , стереот. - Москва : МЭИ, 2020. - ISBN 978-5-383-01416-5. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014165.html>.
3. Трухний, А. Д. Основы современной энергетики в 2 т. Том 1. Современная теплоэнергетика : учебник для вузов / А. Д. Трухний, М. А. Изюмов, О. А. Поваров, С. П. Малышенко; под ред. А. Д. Трухния; под общей редакцией чл. -корр. РАН Е. В. Аметистова - Москва : Издательский дом МЭИ, 2016. - 512 с. - ISBN 978-5-383-01043-3. - Текст : электронный // ЭБС

- "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010433.html>
4. Зорин, В. М. Атомные электростанции [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. М. Зорин. - Электрон. текстовые дан. - М. : Издат. дом МЭИ. – 2017. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011782.html>.
5. Теплоэнергетика и теплотехника. В 4 кн. Кн.3. Тепловые и атомные электростанции [Электронный ресурс]: справочная серия / А.В. Клименко, В.М. Зорин. – Электрон. текстовые дан.- М. : Издат. дом МЭИ, 2017. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011706.html>.
6. Стерман, Л. С. Тепловые и атомные электрические станции : учебник для вузов / Л. С. Стерман, В. М. Лавыгин, С. Г. Тишин. - 6-е изд., стер. - Москва : МЭИ, 2020. - ISBN 978-5-383-01419-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014196.html>.
7. Расчет паровой турбины: Учеб.- метод. пособ./ Грига А.Д., Меньшенин Г.Г., Грига С.А. - Волжский : Филиал «МЭИ (ТУ)» в г. Волжском, 2010.
- 8.Тевлин, С. А. Атомные электрические станции с реакторами ВВЭР-1000 : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности Атомные электрические станции и установки направления подготовки Техническая физика / С. А. Тевлин. - 2-е изд., доп. - М. : Издат. дом МЭИ, 2008. - 358 с.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

Microsoft Word, Microsoft Excel, Power Point.

5.3. Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

- Университетская информационная система «РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru>
- Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>
- Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>
- Базаданных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>
- База данных Scopus <https://www.scopus.com>
- Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>
- База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ <https://rosmintrud.ru/opendata>
- База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>
- База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
- Базы данных Министерства экономического развития РФ <http://www.economy.gov.ru>
- База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>
- Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>
- Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>
- Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <https://openedu.ru>
- Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ" <https://www.polpred.com>
- Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>
- Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные и практические занятия проводятся в учебных аудиториях, снабженных оборудованием для показа обучающих материалов, средствами звуковоспроизведения, дос-

кой аудиторной, оборудованием для представления презентаций (плазменная панель, персональный компьютер).

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Высшая математика

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ1 Тест «Преобразование энергии на тепловых электростанциях».
 КМ2 Тест «Преобразование энергии в турбинной ступени».
 КМ3 Тест «Основные уравнения для потока сжимаемой жидкости».
 КМ4 Тест «Показатели тепловой экономичности ТЭС».
 КМ5 Тест «Основные узлы и элементы паровой турбины»
 КМ6 Контрольная работа «Построение процесса расширения пара в турбине».
 КМ7 Выполнение и защита курсового проекта.
 КМ 8 Защита лабораторных работ

Вид промежуточной аттестации – экзамен.

Трудоемкость дисциплины = 6 з.е.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ6	КМ7	КМ8	экзамен
1	Тепловые циклы паротурбинных установок					+		+	+	+	+
2	Тепловые процессы в паровой турбине и ее принципиальное устройство		+	+	+		+		+	+	+
3	Конструкции и основы эксплуатации теплофикационных паровых турбин						+		+	+	+
	Минимальный балл за КМ		2	2	2	2	2	6	16	8	20
	Максимальный балл за КМ		4	4	4	4	4	10	20	10	40

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Турбины ТЭС и АЭС

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

- КМ-1 Соблюдение графика выполнения курсового проекта
 КМ-2 Оценка правильности выполнения разделов курсового проекта
 КМ3 Качество оформления пояснительной записки курсового проекта
 КМ4 Качество оформления чертежей

Трудоемкость курсового проекта = 2 з.е.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:				
1	<i>Выбор и обоснование исходных данных для расчета цилиндра турбины</i>		+	+		
2	<i>Предварительная оценка КПД цилиндра турбины, определение теплоперепадов и расхода пара</i>		+	+	+	
3	<i>Определение расхода пара в регенеративные отборы</i>		+	+	+	
4	<i>Определение оптимального давления в камере регулирующей ступени</i>		+	+	+	
5	<i>Форма проточной части цилиндра, размеры первой, второй и последней ступеней цилиндра турбины</i>		+	+	+	
6	<i>Определение числа ступеней в проточной части цилиндра</i>		+	+	+	
7	<i>Определение параметров пара перед ступенями цилиндра турбины, построение графиков распределения температуры и давления в проточной части цилиндра</i>		+	+	+	
8	<i>Уточненный расчет промежуточной нерегулируемой ступени</i>		+	+	+	
9	<i>Чертежи продольного и поперечного разрезов цилиндра турбины. Описание турбины</i>		+	+		+
10	<i>Оформление пояснительной записки</i>		+	+	+	
Вес КМ, %:			10	60	10	20