

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
Часов (всего) по учебному плану	216
Лекции	6 семестр – 16 часов
Практические занятия	6 семестр – 16 часов
Лабораторные работы	6 семестр – 16 часов
Консультации по курсовому проекту	6 семестр – 16 часов
Самостоятельная работа	6 семестр – 111,7 часов
включая: курсовая работа	6 семестр – 16 часов
Промежуточная аттестация: экзамен защита курсового проекта	6 семестр – 2,8 часа 6 семестр – 4 часа
Контроль: экзамен	6 семестр – 33,5 часа

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Доцент кафедры Энергетики

(должность, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

Е.В. Курьянова

(расшифровка подписи)

И.о. заведующего кафедрой Энергетики

(название кафедры)


(подпись)

М.С. Иваницкий

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Теплоэнергетические системы и цифровые технологии

Доцент кафедры Энергетики,

к.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

М.М. Султанов

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

И.о. заведующего кафедрой Энергетики

(название кафедры)


(подпись)

М.С. Иваницкий

(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
ПК-1 Способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов, проведении расчетов и экспериментов в соответствии с типовыми методиками и средствами автоматизации, обработкой полученных результатов, соблюдении производственной и экологической безопасности, управлении, эксплуатации, обслуживании, доводке процессов и ремонте технологического оборудования	ПК-1.1. Выполняет сбор и анализ данных для исследований по заданной тематике, составляет конкурентно-способные варианты технических решений.	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.
	ПК-1.4. Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации	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	Конт- роль		
				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 билетам согласно 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 ТЭСиАЭС. 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	ПК-1.1	X			Тест «Преобразование энергии на тепловых электростанциях»
процессы преобразования энергии в турбинной ступени	ПК-1.1		X		Тест «Преобразование энергии в турбинной ступени»
основные законы течения сжимаемой жидкости	ПК-1.1		X		Тест «Основные уравнения для потока сжимаемой жидкости »
Уметь:					
производить построение процесса расширения пара в турбине	ПК-1.1	X			Контрольная работа «Построение процесса расширения пара в турбине»
рассчитывать показатели тепловой экономичности ТЭС	ПК-1.1	X	X		Тест «Показатели тепловой экономичности ТЭС»
Знать:					
принципы работы, технические характеристики и конструктивные особенности элементов и узлов паровых турбин	ПК-1.4		X	X	Тест «Основные узлы и элементы паровой турбины»
основные методы проектирования и конструирования элементов и узлов турбомашин	ПК-1.4			X	Защита курсового проекта
уметь:	ПК-1.4				
выполнять расчет ЦВД паровой турбины, а также ее ступени по типовым методикам	ПК-1.4		X		Защита курсового проекта
рассчитывать параметры потока в проточной части паровой турбины	ПК-1.4		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,

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

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Турбины ТЭС и АЭС (профиль 1)

(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 (профиль 1)

(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 раздел а	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

**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

Оценочные материалы по дисциплине

Б1.В.11 ТУРБИНЫ ТЭС И АЭС (профиль 1)

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Коды индикаторов достижения компетенции	Оценочное средство (тип и наименование)
Знать:		
принципы работы, технические характеристики и конструктивные особенности элементов и узлов паровых турбин	ОПК-3.5	Тест «Основные узлы и элементы паровой турбины»
основные методы проектирования и конструирования элементов и узлов турбомашин	ОПК-3.5	Защита курсовой работы
термодинамические процессы преобразования энергии в паровых турбинах	ОПК-3.6	Тест «Преобразование энергии на тепловых электростанциях»
процессы преобразования энергии в турбинной ступени	ОПК-3.6	Тест «Преобразование энергии в турбинной ступени»
основные законы течения сжимаемой жидкости	ОПК-3.6	Тест «Основные уравнения для потока сжимаемой жидкости»
Уметь:		
выполнять расчет ЦВД паровой турбины, а также ее ступени по типовым методикам	ОПК-3.5	Защита курсовой работы
рассчитывать параметры потока в проточной части паровой турбины	ОПК-3.5	Защита курсовой работы
производить построение процесса расширения пара в турбине	ОПК-3.6	Контрольная работа «Построение процесса расширения пара в турбине»
рассчитывать показатели тепловой экономичности ТЭС	ОПК-3.6	Тест «Показатели тепловой экономичности ТЭС»

Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

1. Тест «Преобразование энергии на тепловых электростанциях»

Тест состоит из 8 вопросов. Время выполнения 15 минут.

Пример варианта теста:

1. Классификация паровых турбин по принципу действия:

- активные;
- пассивные;
- осевые;
- конденсационные.

2. Основным условием работы паровых турбин является наличие разности ... - перед сопловым аппаратом и за рабочими лопатками.

Вставьте вместо ... то что, по Вашему мнению, должно там стоять.

- температур;
- энтальпий;
- энтропий;
- давлений.

3. Многоступенчатые турбины могут быть:

- a) со ступенями температуры;
- b) со ступенями энтальпии;
- c) со ступенями энтропии;
- d) со ступенями скорости.

4. Турбина с номинальным давлением острого пара 12,75 МПа классифицируется как турбина:

- a) низкого давления.
- b) среднего давления.
- c) высокого давления.
- d) сверхкритического давления.

5. Турбина с номинальным давлением острого пара 90 кг/см² классифицируется как турбина:

- a) низкого давления.
- b) среднего давления.
- c) высокого давления.
- d) сверхкритического давления.

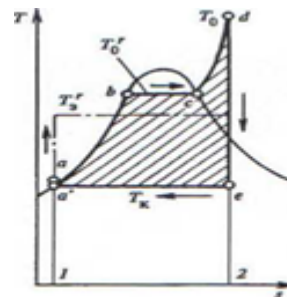
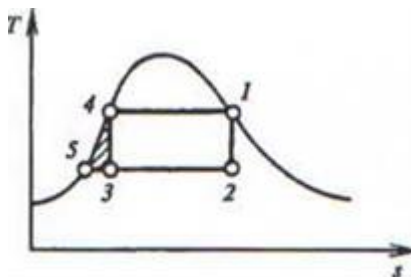
6. Валоповоротное устройство турбины предназначено для:

- a) предотвращения теплового искривления ротора;
- b) ускорения и сокращения времени пуска турбины;
- в) уменьшения потерь тепла при останове турбины.

7. Турбина с номинальным давлением острого пара < 4 МПа классифицируется как турбина :

- a) низкого давления.
- б) среднего давления.
- в) высокого давления.
- г) сверхкритического давления.

8. На каком рисунке изображен цикл Карно



Пример шкалы оценивания КМ

По результатам тестирования выставляется:

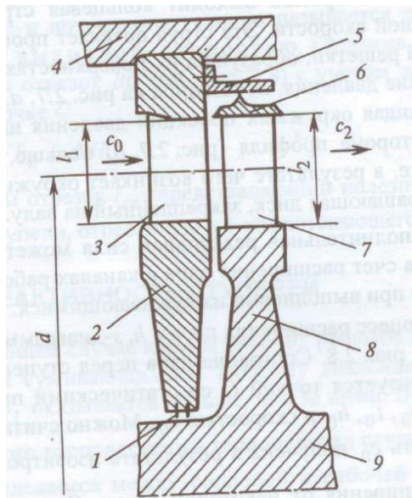
- 5 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий;
- 3-4 балла, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 2 балла, если правильно выполнено не менее 50% заданий.

2. Тест «Преобразование энергии в турбинной ступени»

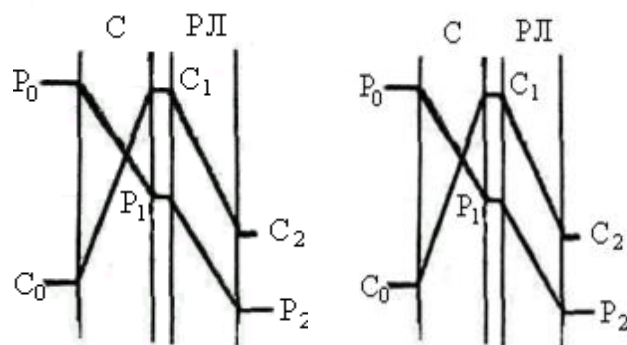
Тест состоит из 5 вопросов. Время выполнения 10 минут.

Пример варианта теста:

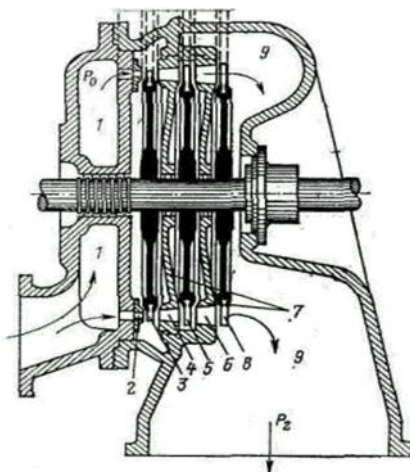
1. Как происходит преобразование энергии в турбинной ступени, расписать все обозначения на рисунке



2. На каком рисунке изображена паровая турбина, которую можно классифицировать как реактивную. Обоснуй свой ответ



3. Укажите на рисунке рабочие лопатки



4. Многоступенчатые турбины могут быть:

- со ступенями давления;
- со ступенями температуры;
- со ступенями энтропии;
- со ступенями скорости.

Отметить все правильные ответы.

5. Проточная часть турбины состоит из

- а) ступеней, из которых первая называется регулирующей, вторая – первой нерегулируемой, а все остальные, кроме последней, - промежуточными;
- б) группой ступеней, из которых первая называется регулирующей, вторая – нерегулируемой, а все остальные, кроме последней, - промежуточными;
- в) ступеней, из которых первая называется нерегулируемой, вторая – первой регулируемой, а все остальные, кроме последней, - промежуточными.

Пример шкалы оценивания КМ

По результатам тестирования выставляется:

- 5 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий;
- 3-4 балла, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 2 балла, если правильно выполнено не менее 50% заданий

3. Тест «Показатели тепловой экономичности ТЭС»

Тест состоит из 9 вопросов. Время выполнения 15 минут.

Пример варианта теста:

1. $\eta = \frac{h_0 - h_{kt}}{h_0 - h'_k} = \frac{H_0}{h_0 - h'_k}$ По какой формуле можно вычислить абсолютный (термический) КПД идеальной установки:

1.

$$\eta = H_i / H_o$$

2.

$$\eta = \frac{L_T G}{q_1 G} = \frac{N_i}{Q}$$

3.

Отметить все правильные ответы.

2. $\eta = \frac{L_T G}{q_1 G} = \frac{N_i}{Q}$ По какой формуле можно вычислить относительный внутренний КПД:

1.

$$\eta = H_i / H_o$$

2.

$$\eta = \frac{L_T G}{q_1 G} = \frac{N_i}{Q}$$

3.

Отметить все правильные ответы.

3. По какой формуле можно вычислить абсолютный внутренний КПД:

$$\eta = \frac{L_T G}{q_1 G} = \frac{N_i}{Q}$$

1.

$$\eta = H_i / H_o$$

2.

$$\eta = \frac{L_T G}{q_1 G} = \frac{N_i}{Q} 3.$$

Отметить все правильные ответы.

4. Внутренняя мощность турбины вычисляется по формуле:

$$N = G H_i$$

1.

$$N = G H_o$$

2.

$$N = N_o - N_m$$

3.

Отметить все правильные ответы.

5. Абсолютный электрический КПД определяется по формуле:

$$\eta = \eta_{oi} \eta_m \eta_{\text{ЭГ}}$$

1.

$$\eta = \eta_t \eta_{oi} \eta_m \eta_{\text{ЭГ}}$$

2.

Отметить все правильные ответы.

6. Повышение давления свежего пара перед турбиной приводит к:

1. Уменьшению термического КПД цикла.
2. Увеличению термического КПД цикла.
3. Не влияет на изменение термического КПД цикла.
4. Все зависит от функции $\Delta\eta = F(P_o, T_o, P_k)$.

Отметить все правильные ответы.

7. Уменьшение давления свежего пара перед турбиной приводит к:

1. Уменьшению термического КПД цикла.
2. Увеличению термического КПД цикла.
3. Не влияет на изменение термического КПД цикла.
4. Все зависит от функции $\Delta\eta = F(P_o, T_o, P_k)$.

Отметить все правильные ответы.

8. Уменьшение температуры свежего пара перед турбиной приводит к:

1. Уменьшению термического КПД цикла.
2. Увеличению термического КПД цикла.
3. Не влияет на изменение термического КПД цикла.
4. Все зависит от функции $\Delta\eta = F(P_o, T_o, P_k)$.

Отметить все правильные ответы.

9. Повышение температуры свежего пара перед турбиной приводит к:

1. Уменьшению термического КПД цикла.
2. Увеличению термического КПД цикла.

3. Не влияет на изменение термического КПД цикла.
4. Все зависит от функции $\Delta\eta = F(P_0, T_0, P_k)$.

Отметить все правильные ответы.

Пример шкалы оценивания КМ

По результатам тестирования выставляется:

- 5 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий;
- 2-3 балла, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 2 балла, если правильно выполнено не менее 50% заданий.

4. Тест «Основные узлы и элементы паровой турбины»

Тест состоит из 5 вопросов. Время выполнения 10 минут.

Пример варианта теста:

1. Укажите основные элементы паровой турбины:

- корпус;
- статор;
- ротор;
- подшипники;
- опоры;
- цилиндры;
- система регулирования;
- система маслоснабжения.

2. Валоповоротное устройство турбины предназначено для:

- а) предотвращения теплового искривления ротора;
- б) ускорения и сокращения времени пуска турбины;
- в) уменьшения потерь тепла при останове турбины.

3. Турбина с номинальным давлением острого пара 24 МПа классифицируется как турбина:

- а. низкого давления.
- б. среднего давления.
- с. высокого давления.
- д. сверхкритического давления.

Отметить все правильные ответы

4. Турбина с номинальным давлением острого пара < 4 МПа классифицируется как турбина :

- а. низкого давления.
- б. среднего давления.
- с. высокого давления.
- д. сверхкритического давления.

Отметить все правильные ответы

5. Периодическая нестационарность потока в проточной части турбины

возникает

1. при изменении скорости потока
2. при изменении давления
3. при изменении потока во времени

Пример шкалы оценивания КМ

По результатам тестирования выставляется:

- 5 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий;
- 3-4 балла, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 2 балла, если правильно выполнено не менее 50% заданий.

Контрольная работа «Построение процесса расширения пара в турбине».

Время выполнения 45 минут.

Построить процесс расширения пара в турбине на h-s диаграмме согласно заданию. Заданы начальная температура и давления свежего пара на входе в турбину, давление пара в конденсаторе турбины, внутренние относительные КПД по цилиндрам турбины.

Пример шкалы оценивания КМ

По результатам выполнения контрольной работы выставляется:

- 10 баллов, если процесс расширения построен верно и верно определены параметры во всех точках.
- 8 баллов, если процесс расширения построен верно, но параметры определены не точно.

Курсовая работа

Обучающемуся выдается индивидуальное задание.

«Расчет ЦВД турбины»

Провести расчет ЦВД турбины согласно разделам курсовой работы.

Численные данные для расчета приведены – в таблице 1 (вариант по предпоследней цифре номера зачетки).

Таблица 1. Численные данные

Индивидуальные задания на курсовой проект по дисциплине
"Турбины ТЭС и АЭС" (РАСЧЕТ ЦВД ТУРБИНЫ).

№п/п	Прототип турбины	N, МВт (ЦВД)	P ₀ , МПа	t ₀ , С	P _к , МПа	n, с ⁻¹	I, шт.	G, кг/с	Формула проточной части
1	К-300-23.5-3	95	23,5	540	3,55	50	1	245	1P+9..11
2	К-500-23.5-4	180	23,5	550	3,70		1	470	1P+9..11
3	К-800-23.5-5	274	23,5	540	3,40		1	745	1P+7..10
4	К-160-12,8-3	55	12,8	565	3,00		1	160	1P+7..10
5	К-200-12,8-3	70	12,8	560	2,60		2	186	1P+10..12
6	К-215-12,8	75	12,8	540	2,80		2	200	1P+10..12
7	Т-180/210-12,8-1	72	12,8	555	3,00		2	213	1P+10..12

8	T-250/300-23,5-3	110	23,5	540	3,70	1	305	1P+11
9	T-110/120-12,8-5	43	12,8	550	3,00	1	128	1P+7..10
10	T-50/60-12,8-6	22	12,8	555	3,00	1	64	1P+7..9
11	P-102/107-12,8/1.45	102	12,8	550	1,45	2	213	1P+12
12	P-50-12,8/1.27	50	12,8	560	1,27	2	133	1P+9..11
13	ПТ-50/60-12,8	26	12,8	565	2,90	2	77	1P+9..11
14	ПТ-140/165-12,8	70	12,8	555	3,00	2	208	1P+12
15	ПТ-60-90	30	8,8	565	1,28	2	95	1P+9..11
16	ПТ-65/70-12.8	33	12,8	550	1,45	2	108	1P+9..11
17	ПТ-80/100-12.8	40	12,8	540	1,40	2	133	1P+16

Содержание курсовой работы

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы
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

На защите курсовой работы обучающемуся задаются теоретические и практические вопросы по представленной расчетно-пояснительной записке и графическому материалу.

Пример шкалы оценивания КМ

За выполнение курсовой работы выставляется:

- 5 («отлично») баллов, если все задачи курсовой работы выполнены верно, на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов;
- 4 («хорошо»), если либо в расчете присутствуют ошибки в заключительных действиях, которые не влияют на последующие расчеты; либо неверно указаны размерности величин; либо размерности величин не указаны; на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок;
- 3 («удовлетворительно»), если в расчеты присутствуют ошибки, искажающие результат или исправления грубых ошибок выполнены не с первой попытки; если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы, либо при ответе часто допускались ошибки.

Защита лабораторных работ

1. Системы регенерации высокого и низкого давления паровой турбины (4 часа).
2. Система смазки и уплотнения вала генератора паровой турбины (4 часа).
3. Теплофикационная и конденсационная установка паровой турбины (4 часа).

4. Тепловые и механические показатели работы паровой турбины (4 часа).

Примеры вопросов для защиты:

1. Порядок включения в работу подогревателей высокого давления.
2. Порядок включения в работу подогревателей низкого давления.
3. Порядок включения конденсаторов.
4. Основные узлы конденсационной установки.
5. Основные узлы деаэрационной установки.
6. Оценка влияния тепломеханических показателей на работу турбины.

Пример шкалы оценивания КМ

По результатам защиты лабораторной работы выставляется:

- 4 балла, если на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов;
- 2-3 балла, если на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок;
- 1 балл, если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы, либо при ответе часто допускались ошибки.

Промежуточная аттестация

Экзамен

Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса и практическое задание.

Примеры теоретических вопросов билета:

1. Основные понятия о паровых турбинах. Принцип работы турбины.
2. Общая классификация паровых и газовых турбин.
3. Основные узлы и элементы современных паровых турбин.
4. Термодинамический цикл теплосиловой установки.
5. Конструкции паровых турбин.
6. Профильные потери, выбор решеток. Потери в ступени турбины.

Примеры практических заданий:

1. Определить удельный расход теплоты для паровой турбины без отборов, если известно: начальное давление $p_0=23,5$ МПа; начальная температура $t_0=545^\circ\text{C}$; энтальпия конденсата $h'_k=134,2$ кДж/кг; давление в конденсаторе $p_k=3,4$ кПа; относительный внутренний КПД $\eta_{oi}=0,823$; механический КПД $\eta_m=0,996$; КПД электрогенератора $\eta_{гг}=0,987$.
2. Для турбоустановки определить термический КПД, если известно: начальное давление $p_0=88$ бар; начальная температура $t_0=535^\circ\text{C}$; давление в конденсаторе $p_k=0,05$ бар; энтальпия конденсата $h_k=137,8$ кДж/кг.
3. Определить относительный электрический КПД для паровой турбины, если известно: мощность на клеммах электрогенератора $N_{э}=300$ МВт; расход в турбину $G_0=280$ кг/с; начальное давление $p_0=23,5$ МПа; начальная температура $t_0=540^\circ\text{C}$; давление в конденсаторе $p_k=4$ кПа.

Время подготовки ответа – 60 минут.

Пример шкалы оценивания КМ

По результатам ответа на экзамене выставляется:

- 36-40 баллов, если правильно выполнено практическое задание, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся показал, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных фактов или решения задач;
- 26-35, если правильно выполнено практическое задание или в нем допущено не более одной ошибки, которая была самостоятельно исправлена обучающимся, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся допускает негрубые ошибки;
- 20-25 баллов, если в выполненном практическом задании допущены грубые ошибки, которые затем исправлены обучающимся при участии экзаменатора или практическое задание не выполнено в полном объеме, но обучающийся смог довести решение до конца при участии экзаменатора, и в ответах на вопросы экзаменационного билета допущены ошибки;
- 0 баллов, если практическое задание не выполнено или не даны ответы на вопросы экзаменационного билета и не выполнены критерии для категории 20-25 баллов.

Оценка по дисциплине определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском по совокупности результатов текущего контроля успеваемости и экзаменационной составляющей.

В зависимости от количества баллов за дисциплину выставляется:

Оценка	Количество баллов
оценка 5 («отлично»)	90 – 100 баллов
оценка 4 («хорошо»)	76 – 89 баллов
оценка 3 («удовлетворительно»)	60 – 75 баллов
оценка 2 («неудовлетворительно»)	0 – 59 баллов