

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ (О)

Одобрено на заседании
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол от 24.04.2023 № 23.4

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Турбомашины АЭС

название дисциплины

для студентов специальности

14.03.01 - «Ядерная энергетика и теплофизика»

код и название специальности

образовательная программа

Эксплуатация атомных энергетических станций

Шифр, название специализации/профиля

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

- формирование у студентов теоретических знаний о характере теплового процесса в паровых турбинах и основам пространственного расчета проточной части;
- формирование у студентов знаний о конструкции, практике проектирования и особенностям паровых турбин АЭС;
- формирование знаний условий и режимов эксплуатации паровых турбин АЭС;
- подготовка к выполнению простейших типовых операций по управлению турбогенератором АЭС на функционально-аналитическом тренажёре.

Задачи дисциплины:

- изучение тепловых и газодинамических процессов в проточной части паровых и газовых турбин;
- освоение основных методик расчета и проектирования влажно-паровых турбин АЭС;
- изучение основных режимов работы турбогенератора в составе энергоблока АЭС;
- ознакомление с принципами построения систем автоматического регулирования и защиты турбоагрегатов АЭС;
- ознакомление с характеристиками переменных режимов и условиями эксплуатации турбоустановки.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ СПЕЦИАЛИТЕТА

Дисциплина реализуется в рамках основной части и относится к профессиональному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин «Атомные электростанции», «Техническая термодинамика», «Механика жидкости и газа», «Парогенераторы и теплообменники АЭС», «Гидродинамика и тепломассообмен в энергетическом оборудовании», «АСУ технологическими процессами АЭС».

Дисциплина изучается на 3 и 4 курсах в 6 и 7 семестрах.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ООП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
------------------	--------------------------	--

ПК-3.1	Способен к изучению и анализу отечественного и зарубежного опыта в области проектирования и эксплуатации ядерных энергетических установок, их оборудования, технологических схем и систем, обеспечивающих их функционирование.	3-ПК-3.1 Знать принципиальную схему атомной станции, нейтронно-физические измерения и расчеты, номенклатуру нейтронно-физических расчетов. Читать и понимать технологические схемы атомной станции и технологические регламенты безопасной эксплуатации атомных станций. У-ПК-3.1 Уметь использовать аппаратуру физического контроля, обрабатывать и анализировать результаты расчетов и измерений. Применять методы расчета эксплуатационных параметров реакторной установки и систем, обеспечивающих эксплуатацию АЭС. В-ПК-3.1 Владеть методиками реакторных расчетов, обработки нейтронно-физических и тепло-гидравлических измерений и параметров технологических систем на атомных электростанциях.
ПК-3.2	Способен проводить анализ процессов в оборудовании и алгоритмов технологических систем ядерных энергетических установок с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы.	3-ПК-3.2 Знать требования надзорных органов в части реализации трудовой функции персонала на АЭС. Знать принципы работы технологического оборудования и основные правила обеспечения безопасной эксплуатации АЭС. У-ПК-3.2 Уметь анализировать результаты контроля блокировочного, сигнального и контрольно-измерительного оборудования. Анализировать отказы и нарушения в работе оборудования и трубопроводов. Применять в работе передовой отечественный и зарубежный опыт эксплуатации реакторного оборудования. В-ПК-3.2 Владеть методиками обеспечения оперативных и качественных расследований, нарушений в работе оборудования и выявления причин, их вызвавших. Владеть навыками разработки корректирующих мероприятий по устранению причин отказа оборудования АЭС.

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Интеллектуальное воспитание	формирование культуры умственного труда (В11)	Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.
Профессиональное воспитание	формирование чувства личной ответственности за научно-	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для

	технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (B17)	формирования чувства личной ответственности за научно-технические достижения России, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности за результаты исследований и их последствия, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечение в реальные научно-исследовательские проекты.
Профессиональное и трудовое воспитание	формирование культуры исследовательской и инженерной деятельности (B16)	Использование воспитательного потенциала по дисциплинам, предусматривающим курсовые работы (проекты) для формирования навыков владения эвристическими методами поиска и выбора технических решений в условиях неопределенности через специальные задания с использованием программных пакетов.
Профессиональное воспитание	- формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	- формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин, профессионального модуля для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские курсовые проекты. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной

		позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
Профессиональное воспитание	- формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20); - формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B23); - формирование творческого инженерного мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B23)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепления рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
Профессиональное воспитание	- формирование культуры информационной безопасности (B23)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уроне пользователям.
Профессиональное воспитание	- формирование культуры ядерной и радиационной	1. Использование воспитательного потенциала блока профессиональных

	безопасности (B24); - формирование профессиональной ответственности в области разработки, а также применения современных методов, приборов и систем для достижения устойчивого развития мирных ядерных технологий, направленных на улучшение труда и жизни человека (B25); - формирование ответственной позиции по применению ядерных технологий в свете сохранения окружающей среды для будущих поколений (B26)	дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн. 2. Использование воспитательного потенциала содержания учебных дисциплин «Экология», «Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений», «Ядерные технологии», «Радиационная гигиена», «Атомное право», «Радиационная и экологическая безопасность объектов ЯТЦ» для формирования личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной безопасности посредством изучения основополагающих документов по культуре ядерной безопасности, разработанных МАГАТЭ и российскими регулирующими органами, норм и правил обращения с радиоактивными отходами и ядерными материалами. 3. Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин «Информатика», «Принципы обеспечения безопасности АЭС», «Принципы обеспечения безопасности эксплуатации АЭС», «Критерии безопасности и оценки риска», «Ядерные технологии и экология топливного цикла», «Информационные и компьютерные технологии», «Физические основы получения информации», «Информационная безопасность», «Автоматизированная система управления технологическим процессом АЭС», «Системы управления и защиты ядерных энергетических установок» для формирования личной ответственности за соблюдение и обеспечение кибербезопасности и информационной безопасности объектов атомной отрасли через изучение вопросов организации информационной безопасности на объектах атомной отрасли, основных принципов построения системы АСУТП ядерных объектов, методов защиты и хранения информации, принципов построения глубокоэшелонированной и гибкой системы безопасности ядерно-
--	--	--

		физических объектов. 4. Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений», «Ядерные технологии», «Радиационная и экологическая безопасность объектов ЯТЦ», «Техногенные системы и экологический риск», «Безопасное обращение с РАО и ОЯТ», «Радиационная экология» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработке ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.
--	--	---

5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Вид работы	Семестр		
	№ 6	№ 7	Всего
	Количество часов на вид работы		
Контактная работа обучающихся с преподавателем			
Аудиторные занятия (всего)	64	16	80
В том числе:			
<i>лекции</i>	32	-	32
<i>практические занятия</i> (из них в форме практической подготовки)	32	32	64
<i>лабораторные занятия</i> (из них в форме практической подготовки)	-	-	
Промежуточная аттестация			
В том числе:			
<i>зачет</i>		-	-
<i>зачет с оценкой</i>			
<i>экзамен</i>	-	36	-
Самостоятельная работа обучающихся	44	128	172
Всего (часы):	136	180	316
Всего (зачетные единицы):	3	5	8

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Недел я	Наименование раздела / темы дисциплины	Виды учебной работы				
		Очная форма обучения				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1	Введение.	1				
	Предмет и содержание курса.	0,2				
	Типы ЯЭУ, назначение, перспективы	0,4				
	Теплоносители и рабочие тела ЯЭУ.	0,4				
2-3	Течение рабочего тела в соплах и диффузорах	2,5				
	Адиабатическое течение пара в канале.	1	4			2
	Параметры заторможенного состояния потока.	1	4			2
	Коэффициенты скорости и расхода канала.	0,5	4			2
3-5	Теория теплового процесса в ступени паровой и газовой турбины	3				
	Турбинная ступень.	0,5				2
	Принцип работы турбинной ступени.	0,5				2
	Тепловой процесс в турбинной ступени.	0,5				2
	Процесс преобразования энергии в турбинной ступени.	0,5	2			2
	Циркуляция скорости.	0,5	4			2
	Многоступенчатые турбины.	0,5				2
5-6	Основы пространственного расчета решеток турбомашин	3				
	Длинные лопатки.	1				
	Уравнение радиального равновесия для потока рабочего тела в ступени.	1	4			2
	Метод постоянной циркуляции в выборе угла закручивания лопаток решеток.	1				4
7	КПД осевой ступени турбомашин	2				
	Классификация потерь в ступенях турбомашин.	1				
	Лабиринтные уплотнения.	1				2
8-10	Тепловой процесс в многоступенчатой турбине	6,5				
	Основные преимущества многоступенчатой турбины.	1				

	Принципиальные схемы паротурбинных установок.	1				2
	Основы выбора конструкции многоступенчатой турбины.	0,5				1
	Типы турбин и их классификация.	1				1
	Характеристический коэффициент многоступенчатой турбины.	1				
	Осевые усилия и методы их расчёта.	1	2			
	Распределение теплоперепадов между ступенями.	1	2			
11	Особенности рабочего процесса многоступенчатых влажнопаровых турбин атомных электростанций	3				
	Особенности теплового процесса в области влажного пара.	0,5				
	Способы уменьшения влаги в проточной части турбины.	0,5				
	Дополнительные потери в турбомашине с течением влажного пара.	1				1
	Выбор основных параметров АПТУ.	1				1
12	Тепловой расчет влажнопаровой турбины	3				
	Выбор начальных параметров.	1	2			
	Порядок расчета. Предварительное определение расхода пара.	1	2			
	Расчет последней и первой ступеней.	1	4			
13	Переменный режим работы турбины	3,5				
	Понятие о переменных и переходных режимах турбин и турбоустановок.	0,5				
	Распределение давления и тепловых перепадов в ступенях турбины при переменном пропуске пара.	1				
	Виды парораспределений	1				1
	Выбор системы распределения пара. Влияние вакуума в ГК на работу турбины.	1				
14-15	Конструкция узлов паровой турбины и оборудования машзала	4,5				
	Конструкции турбин АЭС и их особенности.	1				2
	Основные конструктивные элементы	1				2
	Организация безопасной и экономичной работы ТУ.	1				2

	Особенности конструкций турбин АС.	1				2
	Основы эксплуатации паротурбинных установок.	0,5				2
16	Регулирование турбин	2				
11.1.	Необходимость регулирования и управления.	0,5				2
11.2.	Особенности регулирования турбин атомных электростанций.	0,5				2
11.3.	Принципиальные схемы регулирования турбин.	0,5				2
11.4.	Требования, предъявляемые к системам регулирования.	0,5				2
	Итого за 8 семестр:	32	32			36
	Расчет проточной части паровых турбин					
1	Понятие о тепловой схеме блока. Общие положения.		1			5
2	Принципиальные тепловые схемы и их показатели.		1			5
7-8	Тепловой расчет паровой турбины					30
9-10.	Определение основных параметров.		10			30
11-13	Расчет распределения теплоперепадов по ступеням.		10			10
14-5	Расчет сепарации влаги в проточной части турбомашины.		5			10
16	Оформление результатов расчетов		5			23
	Итого за 9 семестр:		32			112
	Всего:		64			113

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная контактная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся, ПП – практическая подготовка.

6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

Неделя	Наименование раздела/ темы дисциплины	Содержание
1	Введение	
	Предмет и содержание курса	Место турбины и турбоустановки в энергоблоке АЭС. Типы турбин АЭС. Рекомендуемая литература.
	Типы ЯЭУ, назначение, перспективы.	Основное технологическое оборудование ЯЭУ. Назначение, основные требования, предъявляемые к основному оборудованию ЯЭУ.
	Теплоносители и рабочие тела ЯЭУ.	Виды теплоносителей и рабочих тел. Требования предъявляемые к теплоносителям.

2-3	Течение рабочего тела в соплах и диффузорах	
	Адиабатическое течение пара в канале.	Уравнение неразрывности (сохранения расхода). Уравнение количества движения (сохранения импульса). Уравнение сохранения энергии.
	Параметры заторможенного состояния потока.	i-s диаграмма состояния. Трение в процессе истечения потока через канал. Располагаемая и действительная работа расширения рабочего тела.
	Коэффициенты скорости и расхода канала.	Геометрия сопел и диффузоров. Коэффициенты скорости и расхода канала.
3-5	Теория теплового процесса в ступени паровой и газовой турбины	
	Турбинная ступень.	Конструктивная схема осевой ступени турбомашин. Турбинные решетки (основные элементы конструкции).
	Принцип работы турбинной ступени.	Принцип работы турбинной ступени. Классификация решеток турбин. Основные обозначения.
	Тепловой процесс в турбинной ступени.	Коэффициенты расхода и угла выхода потока из решеток. Тепловой процесс в турбинной ступени. Активный и реактивный принципы работы ступени.
	Процесс преобразования энергии в турбинной ступени.	Треугольники скоростей. Выражение для мощности ступени через скорости с помощью уравнения сохранения энергии.
	Циркуляция скорости.	Изображение процесса расширения рабочего тела в ступени в i-s диаграмме. Циркуляция скорости.
	Многоступенчатые турбины.	Многоступенчатые турбины. Ступени давления и ступени скорости многоступенчатой турбины.
5-6	Основы пространственного расчета решеток турбомашин	
	Длинные лопатки.	Способы профилирования ступеней. Методы профилирования длинных лопаток
	Уравнение радиального равновесия для потока рабочего тела в ступени.	Распределение скоростей, давлений и степени реакции по радиусу решеток. Уравнение радиального равновесия для потока рабочего тела в ступени.
	Метод постоянной циркуляции в выборе угла закручивания лопаток решеток.	Метод постоянной циркуляции в выборе угла закручивания лопаток решеток.
7	КПД осевой ступени турбомашин	
	Классификация потерь в ступенях турбомашин.	Профильные потери в решетках. Потери на трение.
	Лабиринтные уплотнения.	Номенклатура к.п.д. ступени. Коэффициенты полезного действия установки и турбины. Определение размеров решеток. Лабиринтные уплотнения.
8-10	Тепловой процесс в многоступенчатой турбине	
	Основные преимущества многоступенчатой турбины.	Основные преимущества многоступенчатой турбины. Предельные размеры последних

		ступеней.
	Принципиальные схемы паротурбинных установок.	Принципиальные схемы паротурбинных установок. Конденсационные турбины.
	Основы выбора конструкции многоступенчатой турбины.	Основы выбора конструкции многоступенчатой турбины. Компоновка многоступенчатой паровой турбины.
	Типы турбин и их классификация.	Схемы установок для комбинированной выработки тепла и электрической энергии. Типы турбин и их классификация.
	Коэффициент возврата тепла.	Коэффициент возврата тепла. Характеристический коэффициент многоступенчатой турбины.
	Осевые усилия и методы их расчёта.	Осевые усилия и методы их расчёта. Стандарты параметров пара.
	Расчет первой и последней ступени турбины.	Расчет первой и последней ступени турбины. Распределение теплоперепадов между ступенями.
11	Особенности рабочего процесса многоступенчатых влажнопаровых турбин атомных электростанций	
	Особенности теплового процесса в области влажного пара.	Особенности теплового процесса в области влажного пара. Течение влажного пара в турбинных решётках.
	Способы уменьшения влаги в проточной части турбины.	Способы уменьшения влаги в проточной части турбины. Выбор числа оборотов турбины. Влияние влаги на структуру потока и потери в направляющих и рабочих лопатках.
	Дополнительные потери в турбомашине с течением влажного пара.	Дополнительные потери в турбомашине с течением влажного пара. Способы уменьшения влаги в проточной части.
	Выбор основных параметров АПТУ.	Выбор основных параметров АПТУ. Выносные сепараторы-перегреватели. Выбор числа оборотов влажнопаровых турбин. Определение к.п.д. многоступенчатой турбины.
12	Тепловой расчет влажнопаровой турбины	
	Выбор начальных параметров.	Выбор начальных параметров. Приближённая оценка протекания процесса расширения пара в турбине в i-s диаграмме.
	Порядок расчета.	Порядок расчета. Предварительное определение расхода пара. Последовательное уточнение параметров пара и к.п.д.
	Расчет последней и первой ступеней.	Построение треугольников скоростей последней и первой ступеней. Определение числа отсеков и потоков. Выбор формы проточной части и определение числа ступеней в цилиндрах.
13	Переменный режим работы турбины	
	Понятие о переменных и переходных режимах турбин и турбоустановок.	Понятие о переменных и переходных режимах турбин и турбоустановок. Работа отдельной ступени при нерасчётном режиме.
	Распределение давления и тепловых перепадов в ступенях турбины при переменном	Распределение давления и тепловых перепадов в ступенях турбины при переменном пропуске пара.

	пропуске пара.	
	Виды парораспределений	Дроссельное парораспределение. Сопловое парораспределение. Обводное (байпасное) парораспределение.
	Выбор системы распределения пара. Влияние вакуума в ГК на работу турбины.	Выбор системы распределения пара. Влияние вакуума в ГК на работу турбины.
14-15	Конструкция узлов паровой турбины и оборудования машзала	
	Конструкции турбин АЭС и их особенности.	Элементы паротурбинной установки: конденсационные устройства, насосы, сепараторы-промпрегреватели.
	Основные конструктивные элементы	Конструкции роторов, решеток рабочих колес, диафрагм. Корпуса ЦВД и ЦНД.
	Организация безопасной и экономичной работы ТУ.	Кольцевые уплотнения отсеков. Подшипники и масляное хозяйство турбины. Разновидности конструкций эжекторов, конденсаторов.
	Особенности конструкций турбин АС.	Особенности конструкций турбин К-230-4, К500т65/3000, К500-60/1500, К1000-65/3000, К1000-60/1500(1,2).
	Основы эксплуатации паротурбинных установок.	Понятие о переменных режимах турбин и турбоустановок. Экономичность и надёжность турбины, сейсмостойкость. Основы эксплуатации паротурбинных установок.
16	Регулирование турбин	
	Необходимость регулирования и управления.	Необходимость регулирования и управления. Задачи регулирования паровой турбины.
	Особенности регулирования турбин атомных электростанций.	Особенности регулирования турбин атомных электростанций. Статическая характеристика регулирования.
	Принципиальные схемы регулирования турбин.	Принципиальные схемы регулирования турбин при работе в базовом режиме и режиме поддержания частоты вращения ротора.
	Требования, предъявляемые к системам регулирования.	Требования, предъявляемые к системам регулирования. Влияние паровых объемов и влаги в проточных частях турбин на разгон ротора при сбросе нагрузки.

Практические/семинарские занятия

Неделя	Наименование раздела/темы дисциплины	Содержание
1-3	Течение рабочего тела в соплах и диффузорах	
	Адиабатическое течение пара в канале.	Уравнение неразрывности (сохранения расхода). Уравнение количества движения (сохранения импульса). Уравнение сохранения энергии.
	Параметры заторможенного состояния потока.	i-s диаграмма состояния. Трение в процессе истечения потока через канал. Располагаемая и действительная работа расширения рабочего тела.

	Коэффициенты скорости и расхода канала.	Геометрия сопел и диффузоров. Коэффициенты скорости и расхода канала.
4-6	Тепловой расчет влажнопаровой турбины	
2.1.	Выбор начальных параметров.	Выбор начальных параметров. Приближённая оценка протекания процесса расширения пара в турбине в i-s диаграмме.
2.2.	Порядок расчета.	Порядок расчета. Предварительное определение расхода пара. Последовательное уточнение параметров пара и к.п.д.
2.3.	Расчет последней и первой ступеней.	Построение треугольников скоростей последней и первой ступеней. Определение числа отсеков и потоков. Выбор формы проточной части и определение числа ступеней в цилиндрах.
7-9	Теория теплового процесса в ступени паровой и газовой турбины	
	Процесс преобразования энергии в турбинной ступени.	Треугольники скоростей. Выражение для мощности ступени через скорости с помощью уравнения сохранения энергии.
	Циркуляция скорости.	Изображение процесса расширения рабочего тела в ступени в i-s диаграмме. Циркуляция скорости.
10-16	Расчет проточной части паровых турбин	
4.1.	Понятие о тепловой схеме блока. Общие положения.	Основы технологического процесса. Процессы преобразования энергии на АС
4.2.	Принципиальные тепловые схемы и их показатели.	Состав основного оборудования турбинных установок. Турбоустановки для АЭС с ЯППУ типа БН, РБМК и ВВЭР
4.3.	Тепловой расчет паровой турбины	Определение основных параметров. Расчет распределения теплоперепадов по ступеням. Расчет сепарации влаги в проточной части турбомшины.
4.4.	Оформление результатов расчетов	Содержание материала презентации и требования к оформлению.

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для самостоятельной работы студентам предлагаются не только репродуктивные (выполнение упражнений по образцу, пересказ учебного материала), но и информационно-добывающие (самостоятельная работа с учебными пособиями, аудио и видео материалами, с интернет-ресурсами), проблемно-поисковые (подготовка материалов для презентаций) и творчески-репродуктивные методы работы (подготовка к лабораторным работам). Рекомендуемые интернет ресурсы для самостоятельной работы: электронно-библиотечная система <http://elibrary.ru>, электронно-библиотечная система образовательных и просветительских изданий <http://www.IQlib.ru>, электронно-библиотечная система «Издательство Лань» www.e.lanbook.com, электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ www.library.mephi.ru.

Кроме этого для самостоятельной работы следующие информационные ресурсы:

1. Презентация в Microsoft Office PowerPoint 2003 по курсу «Турбомшины АЭС».

2. Конструкции элементов тепломеханического оборудования АЭС. Иллюстративный материал. Физико-энергетический факультет, кафедра «Оборудование и эксплуатация ЯЭУ». – Обнинск 2000.
3. Гольба В.С., Белозеров В.И.. Расчет проточной части паровых турбин. Учебное пособие, – Обнинск, 1990, -76 с.
4. Гольба В.С.. Методические указания и варианты заданий к курсовой работе по курсу «Турбомашины АЭС». – Обнинск, 1985, - 16 с.
5. Чеповский М.А., Гольба В.С.. Тепловые схемы и показатели паротурбинных установок АЭС. –МИФИ, 1982.
6. Паротурбинные установки атомных электростанций / Ред. Ю.Ф. Косяк. - М. : Энергия, 1978. - 312 с. Экземпляры: всего:43 - ЧЗ(2), ХР(41)

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
Текущая аттестация, 6 семестр			
1.	Течение рабочего тела в соплах и диффузорах	З-ПК-3.1 У-ПК-3.1 В-ПК-3.1	Индивидуальное домашнее задание
2	Теория теплового процесса в ступени паровой и газовой турбины	З-ПК-3.1 У-ПК-3.1 В-ПК-3.1	Индивидуальное домашнее задание
3	Тепловой расчет влажнопаровой турбины	З-ПК-3.2 У-ПК-3.2 В-ПК-3.2	Индивидуальное домашнее задание
Промежуточная аттестация, 7 семестр			
	Экзамен	З-ПК-3.1 У-ПК-3.1 В-ПК-3.1 З-ПК-3.2 У-ПК-3.2 В-ПК-3.2	Комплект вопросов к экзамену, экзаменационные билеты
Текущая аттестация, 7 семестр			
1.	Расчет проточной части паровых турбин.	З-ПК-4.2 У-ПК-4.2 В-ПК-4.2	Расчетно-графическая работа (курсовой проект). Примеры вариантов задания, методические рекомендации.
Промежуточный контроль, 7 семестр			
	Зачет		Защита курсовой работы

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

- Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.
 - Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.
 - Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.
 - Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:
 - контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
 - контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.
- Исключение:* текущая аттестация в 8 семестре обучения по образовательным программам бакалавриата, в котором единственная контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 6 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 6 неделю учебного семестра.
- Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы/ Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум**
8 семестр			
Текущая аттестация	1-16	36 - 60% от максимума	60
Контрольная точка № 1	7-8	18 (60% от 30)	30
Индивидуальное домашнее задание	8	20	25
Контрольная точка № 1			
Индивидуальное домашнее задание		20	25
Контрольная точка № 1			
Индивидуальное домашнее задание		20	25

Промежуточная аттестация	15-16	24 – (60% 40)	40
Экзамен	16		
Комплект вопросов к экзамену, экзаменационные билеты.		60	100
9 семестр			
Текущая аттестация	1-16	36 - 60% от максимума	60
Контрольная точка № 1	4	30	15
Защита курсовой работы			
Промежуточная аттестация	16	24 – (60% 40)	40
Контрольная точка № 1	4	30	15
зачет			
ИТОГО по дисциплине		60	100

* - Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

8.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

<i>Сумма баллов</i>	<i>Оценка по 4-х балльной шкале</i>	<i>Оценка ECTS</i>	<i>Требования к уровню освоения учебной дисциплины</i>
90-100	5- «отлично»/ «зачтено»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы
85-89	4 - «хорошо»/ «зачтено»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
75-84		C	
70--74		D	
65-69	3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»	D	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные
60-64		E	

			формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная учебная литература:

1. Денисов Б.Н. Турбинные установки и эксплуатация турбин : Учеб. для машиностроит. техникумов / Б.Н. Денисов, Ю.Г. Яценко. - 2-е изд., перераб. - М. : Машиностроение, 1980. - 133 с. Экземпляры: всего:14 - ХР(14)
2. Жирицкий Г.С. Конструкция и расчет на прочность деталей паровых и газовых турбин / Г.С. Жирицкий, В.А. Струнkin. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1968. - 520 с.
3. Экземпляры: всего:1 - ХР(1)
4. Кириллов И.И. Паровые турбины и паротурбинные установки / И.И. Кириллов, В.А. Иванов, А.И. Кириллов; Ред. И.И. Кириллов. - Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978. - 276 с.
5. Экземпляры: всего:2 - ХР(2)
6. Костюк А. Г. Динамика и прочность турбомашин : учеб. для студ. вузов / А. Г. Костюк. - М. : МЭИ, 2007. - 476 с. : ил. Экземпляры: всего:15 - ЧЗ(2), ХР(13)
7. Косяк Ю.Ф. Эксплуатация турбин АЭС / Ю.Ф. Косяк, В.Н. Галацан, В.А. Палей. - М. : Энергоатомиздат, 1983. - 144 с. Экземпляры: всего:6 - ХР(6)
8. Котов Ю.В. Оборудование атомных электростанций / Ю.В. Котов, В.В. Кротов, Г.А. Филиппов. - М. : Машиностроение, 1982. - 376 с. Экземпляры: всего:7 - ХР(6), ЧЗ(1)
9. Паровые и газовые турбины : Учеб. для вузов / М.А. Трубилов, Г.В. Арсеньев, В.В. Фролов; Ред. А.Г. Костюк, Ред. В.В. Фролов. - М. : Энергоатомиздат, 1985. - 352 с. Экземпляры: всего:3 - ХР(2), ЧЗ(1)
10. Паровые и газовые турбины : Сборник задач: Учеб. пособие для вузов / Б.М. Трояновский, Г.С. Самойлович, В.В. Нитусов; Ред. Б.М. Трояновский, Ред. Г.С. Самойлович. - 3-е изд., перераб. - М. : Энергоатомиздат, 1987. - 240 с. Экземпляры: всего:123 - ХР(120), ЧЗ(1)
11. Паровые и газовые турбины для электростанций : учеб. для студ. вузов / А. Г. Костюк [и др.] ; ред. А. Г. Костюк. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : МЭИ, 2008. - 556 с. : ил. Экземпляры: всего:5 - ЧЗ(2), ХР(3)
12. Паротурбинные установки атомных электростанций / Ред. Ю.Ф. Косяк. - М. : Энергия, 1978. - 312 с. Экземпляры: всего:43 - ЧЗ(2), ХР(41)

13. Рохленко В.Ю. Системы регулирования турбин ХТЗ / В.Ю. Рохленко, А.И. Клурфельд. - М. : Энергоатомиздат, 1988. - 104 с. - (Библиотека тепломонтажника) Экземпляры: всего:5 - ХР(5)
14. Щегляев А.В. Паровые турбины. Теория теплового процесса и конструкции турбин : Учеб. для вузов : в 2-х кн. / А.В. Щегляев; Ред. Б.М. Трояновский. - 6-е изд., перераб. и доп. - М. : Энергоатомиздат Кн. 1. - 1993. - 384 с. Экземпляры: всего:10 - ХР(9), ЧЗ(1)
15. Щегляев А.В. Паровые турбины. Теория теплового процесса и конструкции турбин : Учеб. для вузов : в 2-х кн. / А.В. Щегляев; Ред. Б.М. Трояновский. - 6-е изд., перераб. и доп. - М. : Энергоатомиздат Кн. 2. - 1993. - 416 с. Экземпляры: всего:10 - ХР(9), ЧЗ(1)

б) дополнительная учебная литература:

1. Амелюшкин В.Н. Эрозия лопаток паровых турбин: прогноз и предупреждение : Учеб.-метод. пособие / В.Н. Амелюшкин. - СПб. : Энерготех, 2000. - 70 с. - (Проблемы энергетики ; Вып. 1. Экземпляры: всего:1 - ЧЗ(1)
2. Аркадьев Б.А. Режимы работы турбоустановок АЭС / Б.А. Аркадьев . - М. : Энергоатомиздат, 1986. - 264 с.
3. Баклушин Р. П. Эксплуатационные режимы АЭС : учеб. пособие / Р. П. Баклушин ; ГНЦ РФ-Физ.-энерг. ин-т им. А. И. Лейпунского, Ин-т яд. реакторов и атом. энергетики, Обнин. гос. техн. ун-т атом. энергетики, Физико-энергетический фак. - Обнинск : ГНЦ РФ-ФЭИ, 2009. - 324 с. : ил. 100 экз. Экземпляры: всего:20 - ЧЗ(2), ХР(18)
4. Баклушин Р. П. Эксплуатационные режимы АЭС : учеб. пособие для студ. вузов / Р. П. Баклушин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : МЭИ, 2012. - 532 с. : ил. Экземпляры: всего:250 - ЧЗ(2), ХР(48), ХР(И)(200)
5. Баклушин Р. П. Эксплуатация АЭС : учеб. пособие для студ. вузов / Р. П. Баклушин. - М. : НИЯУ МИФИ, 2011. - 304 с. : ил. 110 экз. Экземпляры: всего:88 - ХР(86), ЧЗ(2)
6. Букринский А.М. Аварийные переходные процессы на АЭС с ВВЭР / А.М. Букринский. - М. : Энергоиздат, 1982. - 142 с. Экземпляры: всего:23 - ХР(20), ЧЗ(1)
7. Булкин А. Е. Автоматическое регулирование энергоустановок : учеб. пособие для студ. вузов / А. Е. Булкин. - М. : МЭИ, 2009. - 508 с. : ил. Экземпляры: всего:15 - ЧЗ(2), ХР(13)
8. Веллер В.Н. Автоматическое регулирование паровых турбин / В.Н. Веллер. - М. : Энергия, 1967. - 416 с. Экземпляры: всего:2 - ХР(1), ЧЗ(1)
9. Волынский М.М. Системы регулирования модернизированных паровых турбин / М.М. Волынский, В.И. Лезман. - М. : Энергоатомиздат, 1983. - 168 с. Экземпляры: всего:5 - ХР(5)
10. Гостелу Д. Аэродинамика решеток турбомашин : Пер. с англ. / Д. Гостелу. - М. : Мир, 1987. - 392 с. Экземпляры: всего:3 - ХР(3)
11. Казанский В.Н. Системы смазывания паровых турбин / В.Н. Казанский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Энергоатомиздат, 1986. - 152 с. Экземпляры: всего:2 - ХР(2)
12. Филиппов Г.А. Сепарация влаги в турбинах АЭС / Г.А. Филиппов, О.А. Поваров. - М. : Энергия, 1980. - 320 с. Экземпляры: всего:2 - ХР(2)

10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Рекомендуемые интернет ресурсы для освоения дисциплины: электронно-библиотечная система <http://elibrary.ru>, электронно-библиотечная система образовательных и просветительских изданий <http://www.IQlib.ru>, электронно-библиотечная система «Издательство Лань» www.e.lanbook.com, электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ www.library.mephi.ru, Библиотека ВВЭР. — URL: <http://lib.wwer.ru>.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Курс «Турбомашины АЭС» содержит 11 тем, которые рассматриваются на лекциях, а материал закрепляется на семинарских занятиях. Формирование экзаменационных вопросов по курсу «Турбомашины АЭС» осуществляется в основном по фактически начитанному материалу. Обязательным условием успешного освоения дисциплины является регулярное посещение лекций с ведением конспекта. Важным является активное участие студента в работе на семинарах, своевременное выполнение заданий на семинарах и индивидуального домашнего задания. Активная работа студента на семинарах позволяет устранить пробелы в знаниях еще в начальной стадии их зарождения, а также повысить уровень подготовки по дисциплине.

В соответствии с учебным планом семинарские занятия по курсу «Турбомашины АЭС» предусмотрены в 8 семестре. Семинарские занятия призваны закрепить и дополнить материал лекционного курса. Студент перед началом изучения курса должен ознакомиться темами семинаров и списком литературы, которая понадобится для освоения курса (как правило, на первом занятии). Это позволит им планомерно готовиться к занятиям в соответствии с календарным графиком. Успешное выполнение плана семинарских занятий позволит студентам подготовиться к промежуточной аттестации – экзамену по курсу.

Общие методические рекомендации:

1. Студент должен отчетливо представлять, что курс «Турбомашины АЭС» базируется на знаниях, ранее полученных в курсах «Техническая термодинамика», «Механика жидкости и газа», «Тепломассообмен в энергетическом оборудовании».
2. При подготовке к семинарским занятиям студенты должны повторить материалы из соответствующих разделов дисциплин, указанных выше.
3. При выполнении заданий на семинарских занятиях необходимо использовать справочные материалы.
4. Задания, выданные на семинарских занятиях, необходимо выполнять в полном объеме, с необходимыми пояснениями.
5. Полученные результаты нужно проанализировать и при необходимости провести их обсуждение.

Курсовой проект выполняется в 9 семестре. Целью курсового проекта является закрепление и углубление материала лекционной части курса «Турбомашины АЭС», подготовка к выполнению дипломного проекта.

Варианты заданий на выполнение курсового проекта приведены в методическом пособии раздел 7 «Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине»). Корректировка данных на курсовое проектирование проводится индивидуально преподавателем-консультантом при выдаче задания на курсовое проектирование и в процессе консультаций по проекту.

Объем курсовой работы:

1. расчетно-пояснительная записка (20-25 страниц;
 2. графическая часть на одном листе (формат А1) – продольный разрез цилиндра турбины.
- Содержание расчетно-пояснительной записки:
1. На первой странице расчетно-пояснительной записки проводится задание на курсовую работу и рекомендации, выданные консультантом.
 2. Небольшое введение, в котором приводятся основные особенности паровых турбин АЭС.
 3. Обоснование выбора принимаемых параметров ПТУ (величина разделительного давления, расход пара на эжекторы и т.д.)
 4. Обоснование выбора числа потоков пара в цилиндрах турбомашин и предварительный расход пара на турбоустановку.
 5. Расчет внутреннего КПД турбомашин.
 6. Распределение теплоперепадов по ступеням турбомашин и уточнение величины разделительного давления.
 7. Расчет сепарации влаги в проточной части турбомашин, уточнение внутреннего КПД, расхода пара и теплоперепадов по ступеням.
 8. Пример расчета плана скоростей ступени и высот решеток ступени.
 9. Таблица, в которой приведены значения абсолютных и относительных скоростей пара в ступенях турбомашин, а также высоты лопаток ступеней.
 10. Расчетные данные по профилированию лопаток ступени, краткое обоснование выбора закона закрутки потока в ступени.
 11. Иллюстрации: процесс расширения пара в турбине на диаграмме, график распределения средних диаметров, теплоперепадов, степеней реактивности по ступеням, планы скоростей профилированной ступени в корневом, среднем и периферийном сечениях.
- Методические указания по выполнению курсовой работы:
1. Для предварительно выбранного внутреннего КПД турбины и температуры промпрегрева определяется разделительное давление. Выбор разделительного давления производится с учетом влажности в конце процесса расширения пара в цилиндрах и предельной высоты лопаток последней ступени ЦВД. На данном этапе выполнение курсовой работы производится предварительный расчет последних ступеней цилиндров.
 2. Определяется расход пара для заданной мощности турбины и проводится выбор числа потоков по цилиндрам.
 3. Рассчитывается внутренний КПД турбины с учетом потерь от влажности.
 4. Проводится распределение теплоперепадов по ступеням турбомашин при выбранных высотах ступеней с уточнением разделительного давления. Строится процесс расширения пара в H-S диаграмме.
 5. Совместно с консультантом задаются параметры пара на регенеративный подогрев питательной воды и оцениваются расходы пара на регенерацию.
 6. Рассчитывается сепарация влаги в проточной части турбомашин и уточняется внутренний КПД, расход пара, распределение теплоперепадов по ступеням, высоты лопаток.
 7. Строится процесс расширения пара с учетом внутритурбинной сепарации влаги и уточненных значений внутреннего КПД в H-S диаграмме.
 8. Проводится расчет планов скоростей всех ступеней на среднем диаметре и расчет профилирования заданной ступени.
 9. Проводится расчет протечек пара через уплотнения турбомашин.

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешанном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

- 1) Создание и управление классами,
- 2) Создание курсов,
- 3) Организация записи учащихся на курс,
- 4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
- 5) Публикация заданий для учеников,
- 6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
- 7) Организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

12.1. Перечень информационных технологий

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- проведение лекций и практических занятий с использованием слайд-презентаций;
- Интерактивное общение с помощью программы skype;
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты и ЭИОС.

12.2. Перечень программного обеспечения

1. Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель «WindowsMediaPlayer»).
2. Программы для демонстрации и создания презентаций («MicrosoftPowerPoint»).
3. Функционально-аналитические тренажеры блоков с реакторами ВВЭР-1000, РБМК-1000 и БН-800.

12.3. Перечень информационных справочных систем

Доступ к электронным библиотечным ресурсам и электронной библиотечной системе (ЭБС) осуществляется посредством специальных разделов на официальном сайте ИАТЭ НИЯУ МИФИ. Обеспечен доступ к электронным каталогам библиотеки ИАТЭ НИЯУ МИФИ, а также электронным образовательным ресурсам (ЭИОС), сформированным на основании прямых договоров с правообладателями учебной и учебно-методической литературы, методических пособий:

- 1) Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ,
http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C23COM=F&I23DBN=BOOK&Z23ID=&P23DBN=BOOK;
- 2) ЭБС «Издательства Лань», [https://e.lanbook.com/;](https://e.lanbook.com/)

- 3) Электронно-библиотечная система BOOK.ru, <https://.book.ru>;
- 4) Базы данных «Электронно-библиотечная система elibrary» (ЭБС elibrary), <https://elibrary.ru>;
- 5) Базовая версия ЭБС IPRbooks, <https://.iprbooks.ru>;
- 6) Базы данных «Электронная библиотека технического ВУЗа» <https://.studentlibrary.ru>;
- 7) Электронно-библиотечная система «Айбукс.ру/ibooks.ru», <https://ibooks.ru/home.php?routine=bookshelf>;
- 8) Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ», <https://urait.ru/>.

13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Лекционные занятия:

Учебная аудитория для лекционных занятий оборудована 58 посадочными местами. Аудитория оборудована мультимедийным оборудованием.

Учебная аудитория для семинарских занятий оборудована 24 посадочными местами. Аудитория оборудована мультимедийным оборудованием.

Для более удобного и наглядного представления лекционного материала используется компьютерная презентация по всем темам рабочей программы дисциплины.

Кроме этого, используются макеты основного оборудования и схемы, имеющиеся в специализированных классах кафедры, компьютерный класс кафедры, тренажерный центр функционально-аналитических тренажеров блоков с реакторами ВВЭР-1000, РБМК-1000, БН-800

14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Применяемые на лекционных занятиях:

- Технология концентрированного обучения (лекция-беседа, привлечение внимания студентов к наиболее важным вопросам темы, содержание и темп изложения учебного материала определяется с учетом особенностей студентов)

- Технология активного обучения (визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций)

Применяемые на практических занятиях:

- Технология активного обучения (визуальный семинар с разбором конкретных задач).

- Технология интерактивного обучения (мозговой штурм: группа получает задание, далее предполагается высказывать как можно большее количество вариантов решения, затем из общего числа высказанных идей отбираются наиболее удачные, которые могут быть использованы на практике).

14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки.

Вопросы к экзамену:

1. Место турбины и турбоустановки в энергоблоке АЭС. Типы турбин АЭС.
2. Конденсационная установка. Понятия предельного и экономического вакуума.
3. Адиабатическое течение пара в канале. Уравнение состояния.
4. Относительный лопаточный к.п.д. осевой ступени турбины. Оптимальное соотношение скоростей.
5. Адиабатическое течение пара в канале. Уравнение неразрывности.
6. Преимущества и недостатки многоступенчатых паровых турбин.
7. Адиабатическое течение пара в канале. Уравнение количества движения.
8. Принципиальные схемы паротурбинных установок. Конденсационные турбины.
9. Адиабатическое течение пара в канале. Уравнение сохранения энергии.

10. Компоновка многоступенчатой паровой турбины. Типы турбин и их классификация.
11. Параметры заторможенного состояния потока, i - s - диаграмма состояния.
12. Ступени скорости и ступени давления.
13. Трение в процессе истечения потока через канал. Располагаемая и действительная работа расширения рабочего тела.
14. Цикл Ренкина и обобщенный цикл Карно с регенеративным подогревом.
15. Турбинная ступень. Конструктивная схема осевой ступени турбомашин. Принцип работы турбинной ступени.
16. Особенности теплового процесса в области влажного пара. Течение влажного пара в турбинных решетках.
17. Принцип работы турбинной ступени. Турбинные решетки (основные элементы конструкции). Классификация решеток турбин.
18. Дополнительные потери в турбомашине с течением влажного пара. Способы уменьшения влаги в проточной части.
19. Тепловой процесс в турбинной ступени. Активный и реактивный принципы работы ступени.
20. Процесс преобразования энергии в турбинной ступени. Треугольники скоростей.
21. Выражение для мощности ступени через скорости с помощью уравнения сохранения энергии.
22. Изображение процесса расширения рабочего тела в ступени в i - s -диаграмме.
23. Многоступенчатые турбины. Ступени давления и ступени скорости многоступенчатой турбины.
24. Элементы паротурбинной установки: конденсационные устройства, насосы, сепараторы-промперегреватели.
25. Классификация потерь в ступенях турбомашин.
26. Конструкции роторов, решеток рабочих колес, диафрагм.
27. Корпуса ЦВД и ЦНД. Концевые уплотнения.
28. Конструкции турбин АЭС и их особенности.
29. Конструкции рабочих лопаток.
30. Валоповоротное устройство. Назначение и принцип работы.
31. Конструкция роторов цилиндров турбины.
32. Подшипники турбины. Маслохозяйство.
33. Относительный лопаточный к.п.д. осевой ступени турбины. Оптимальное соотношение скоростей.
34. Конструкция ступени турбины. Надбандажное и диафрагменные уплотнения.
35. Бандаж лопаточного аппарата. Назначение и конструкция.
36. Вибрационная надежность рабочих лопаток. Причины возникновения вибраций.
37. Предельная мощность однопоточной турбины.
38. Параметры заторможенного состояния потока, i - s - диаграмма состояния.
39. Способы увеличения мощности однопоточной турбины.
40. Стопорно-регулирующий клапан турбины. Назначение, конструкция, принцип работы.
41. Турбины АЭС с пониженной частотой вращения. Преимущества и недостатки.
42. Конструкция ступени турбины. Надбандажное и диафрагменные уплотнения.

Индивидуальное домашнее задание

Типовые задания (образец):

1. ТЕПЛОВЫЕ ЦИКЛЫ ТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

1.1. Найти, пользуясь таблицами водяного пара, располагаемый теплоперепад H_0 , если начальные параметры пара $p_0 = 32$ ата, $t_0 = 400^\circ \text{C}$, давление отработавшего пара $p_k = 0,04$ ата.

1.2. Определить, пользуясь таблицами водяного пара, начальные параметры пара: давление p_0 и

температуру t_0 , при которых располагаемый теплоперепад $H_0 = 325,7$ ккал/кг. Давление отработавшего пара $p_\kappa = 0,045$ ата и сухость пара в конце адиабатического расширения $x_\kappa = 0,8$.

1.3. Определить расход пара D в турбине с противодавлением, если начальные параметры пара: $p_0 = 40$ ата, $t_0 = 420^\circ \text{C}$ и $v_0 = 0,0816 \text{ м}^3/\text{кг}$. Пар перегретый, показатель адиабаты $k = 1,3$. Степень расширения пара в турбине $p_2/p_0 = 1,3$. Относительный к.п.д. $\eta_{oe} = 0,78$. Мощность турбины $N_e = 4000$ кВт.

1.4. Параметры пара перед турбиной: давление $p_0 = 87$ ата, $t_0 = 500^\circ \text{C}$; давление в конденсаторе $p_\kappa = 0,04$ ата. Внутренний относительный к.п.д. турбины $\eta_{oi} = 0,84$. Найти состояние пара после расширения в турбине.

1.5. При испытании конденсационной турбины были измерены: мощность турбины на муфте $N_e = 12340$ кВт, расход пара $D = 55$ т/час, начальное давление $p_0 = 24,0$ ата, начальная температура $t_0 = 380^\circ \text{C}$, давление в конденсаторе $p_\kappa = 0,045$ ата. Требуется определить удельный расход пара d_e и тепла q_e , относительный η_{oe} и абсолютный η_e коэффициенты полезного действия. Турбина работает без регенерации.

1.6. Какая наименьшая температура пара t_0 должна быть перед турбиной сверхвысоких параметров (СВК-150) без промежуточного перегрева, чтобы при начальном давлении $p_0 = 160$ ата и давлении в конденсаторе $p_\kappa = 0,045$ ата влажность пара за турбиной не превышала $y_\kappa = 0,14$? Относительный внутренний к.п.д. турбины $\eta_{oi} = 0,82$

1.7. Конденсационная турбина сверхвысоких параметров ($p_0 = 170$ ата, $t_0 = 550^\circ \text{C}$, $p_\kappa = 0,04$ ата) имеет промежуточный газовый перегрев пара до температуры $t_n = 520^\circ \text{C}$. Давление пара перед вторичным перегревом $p_1 = 35$ ата. Потеря давления в тракте промежуточного перегрева $\Delta p = 6$ ат. Внутренние к.п.д. части высокого давления $\eta_{oi}^{вд} = 0,73$ и части низкого давления $\eta_{oi}^{нд} = 0,83$. Определить абсолютный к.п.д. цикла $\eta_i^{nn} = 0,83$

2. ИСТЕЧЕНИЕ ПАРА И РАСЧЕТ СОПЕЛ

2.1. Найти критическую скорость пара в сопле, если начальное давление $p_0 = 11$ ата, начальная температура $t_0 = 280^\circ \text{C}$ и начальная скорость $c_0 = 200$ м/с.

2.2. Параметры пара перед соплом: $p_0 = 30$ ата, $t_0 = 400^\circ \text{C}$, давление пара за соплом $p_1 = 18$ ата. Скорость истечения пара при адиабатическом расширении равна критической. Найти скорость c_0 , с которой пар подходит к соплу.

2.3. Найти площадь минимального $F_{\min}$ и выходного F_1 сечений расширяющегося сопла, если известны параметры пара перед соплом $p_0 = 10$ ата, $t_0 = 300^\circ \text{C}$. Давление за соплом $p_1 = 2,5$ ата. Расход пара $G = 0,2$ кг/с. Истечение пара с потерями. Коэффициент скорости $\phi = 0,93$ и постоянен по длине сопла.

2.4. Расход через суживающее сопло при начальных параметрах пара $p_0 = 16$ ата, $t_0 = 350^\circ \text{C}$, начальной скорости $c_0 = 240$ м/с и противодавлении $p_1 = 9,5$ ата составляет $G = 0,6$ кг/с. Чему

должно быть равно давлению за соплом p_{11} (при неизменных начальных параметрах и скорости c_0), чтобы расход уменьшился до $G = 0,45$ кг/с?

2.5. Параметры пара перед соплом: $p_0 = 35$ ата, $t_0 = 435^\circ \text{C}$. Расход пара равен $G = 0,35$ кг/с. Определить расход пара при новых начальных параметрах: $p_{01} = 29$ ата и $t_{01} = 400^\circ \text{C}$. Противодействие $p_1 = 15$ ата остается постоянным.

3. РАСЧЕТ СТУПЕНИ

3.1. Параметры пара перед соплами активной ступени: давление $p_0 = 20$ ата, температура $t_0 = 330^\circ \text{C}$. Давление пара за ступенью $p_2 = 15$ ата. Отношение окружной скорости к скорости истечения пара из сопел $u/c_1 = 0,45$. Угол наклона сопел $\alpha_1 = 13^\circ$. Входной и выходной углы лопаток равны $\beta_1 = \beta_2$. Коэффициент скорости $\varphi = 0,95$. Построить треугольники скоростей и определить c_2 и ω_2 – абсолютную и относительную скорости выхода пара из рабочих лопаток. Треугольники скоростей:

3.2. Параметры пара перед ступенью: $p_0 = 32$ ата и $t_0 = 450^\circ \text{C}$. Располагаемый теплоперепад ступени $h_0 = 20$ ккал/кг. Расход пара $D = 100$ т/час. Чему будут равны выхлопные площади сопел F_1 и лопаток F_2 если ступень выполнена со степенью реакции 1) $\rho = 0$; 2) $\rho = 0,1$. При расчете принять $u/c_1 = 0,45$. Выходной угол сопел $\alpha_1 = 14^\circ$. Коэффициенты скорости: $\varphi = 0,96$, $\psi = 0,90$

3.3. Для осевой турбинной ступени заданы располагаемая работа $h_0 = 20$ ккал/кг, термодинамическая степень реактивности в расчетном сечении ступени $\rho_T = 0,3$, угол $\alpha_1 = 20^\circ$, коэффициент скорости $\varphi = 0,95$, к.п.д. ступени $\eta_u^* = 0,91$, частота вращения $n = 3000$ об/мин. Требуется определить диаметр, необходимый для осевого выхода потока из рабочего колеса, построить треугольники скоростей, вычислить удельную работу, к.п.д. с учетом выходной потери η_u , потери энергии и основные характеристические числа. В расчетах принять $c_{1z} = c_{2z}$. $\omega_2 = \psi \cdot \omega_1$, где ψ - коэффициент скорости для лопаток берем по графику.

Система тестирования для самостоятельной проверки знаний

Система тестирования по курсу «Турбомашины АЭС» в среде «Курсограф». Test 2/ NPP.js. Экранные форматы с типовыми вопросами для самоконтроля:



Тестирование по курсу: Паротурбинные установки АЭС

Система тестирования предложит несколько вопросов, которые будут выбраны случайным образом из большого набора.

Максимальное количество баллов - 25. (ПК-1)

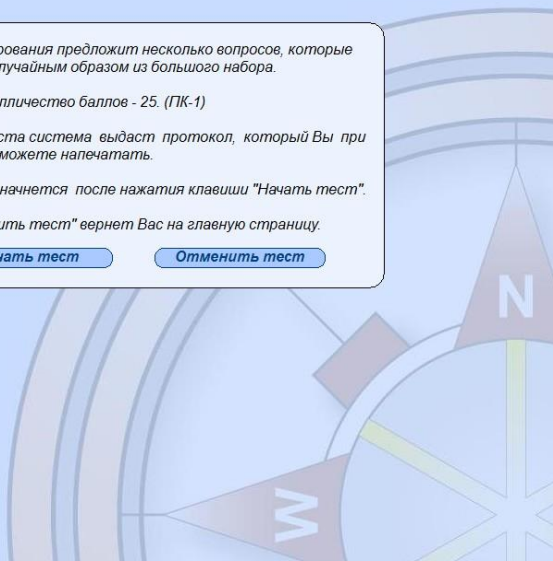
По окончании теста система выдаст протокол, который Вы при необходимости сможете напечатать.

Выдача вопросов начнется после нажатия клавиши "Начать тест".

Клавиша "Отменить тест" вернет Вас на главную страницу.

Начать тест

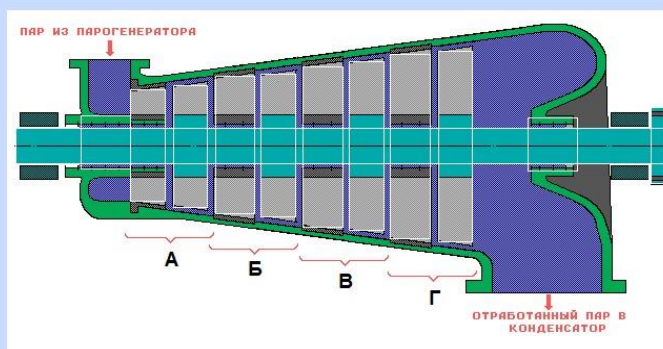
Отменить тест



Ядерные энергетические установки

Покажите на рисунке все рабочие колеса цилиндра турбины.

Варианты ответа:



Принять ответ

Пропустить вопрос

Повторный щелчок левой клавиши мыши на выбранном варианте сбрасывает выбор



Ядерные энергетические установки

На какие две группы можно разделить все паровые турбины?

Варианты ответа:

Транспортные

С большой вверностью

С малой вверностью

Стационарные

Принять ответ

Пропустить вопрос

Повторный щелчок левой клавиши мыши на выбранном варианте сбрасывает выбор



Ядерные энергетические установки

Закончите предложение. Согласно принятой классификации, паровые турбины разделяются по назначению на:

Варианты ответа:

Вспомогательные

Химические

Строительные

Энергетические

Промышленные

Речные

Морские

Принять ответ

Пропустить вопрос

Повторный щелчок левой клавиши мыши на выбранном варианте сбрасывает выбор



Ядерные энергетические установки

Выберите наиболее полное и правильное определение паровой турбины.

Варианты ответа:

Турбина (от латинского слова *turbo* - вихрь, вращение) - это лопастная машина, в которой потенциальная энергия ядерного топлива преобразуется в потенциальную энергию вращения ротора. В зависимости от типа рабочего тела турбины разделяют на паровые, газовые и гидравлические.

Турбина (от латинского слова *turbo* - вихрь, вращение) - это вихревая машина, в которой энергия ядерного реактора преобразуется в механическую энергию вращения ротора. В зависимости от типа рабочего тела турбины разделяют на паровые, газовые и гидравлические.

Турбина (от латинского слова *turbo* - вихрь, вращение) - это лопастная машина, в которой потенциальная энергия потока рабочего тела преобразуется в энергию ядерного реактора, в зависимости от расхода рабочего тела. Турбины разделяют на паровые, газовые и гидравлические.

Турбина (от латинского слова *turbo* - вихрь, вращение) - это лопастная машина, в которой потенциальная энергия потока рабочего тела преобразуется в механическую энергию вращения ротора. В зависимости от типа рабочего тела турбины разделяют на паровые, газовые и гидравлические.

Принять ответ

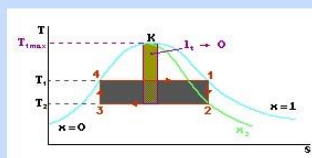
Пропустить вопрос

Повторный щелчок левой клавиши мыши на выбранном варианте сбрасывает выбор



Ядерные энергетические установки

Особенности идеального цикла Карно.



Ограничение верхнего предела цикла по температуре T1:

0

К

Работа цикла при максимальном КПД:

0

Дж

Принять ответ

Пропустить вопрос

Сообщения системы тестирования (результат теста):



Компьютерная обучающая система "КУРСОГРАФ"

Детальный сертификат тестирования

Данные сеанса: Дата: 22.08.2015 Время: 9:48:52

Обучаемый: вапр

Курс: ПК-1 по курсу "Ядерные энергетические установки"

Сложность: Средняя

Итоги: Пройдено тестов: 15 Оценка: 0,00

Резюме :

Такая низкая оценка говорит о том, что скорее всего Вы вообще не изучали материал курса, а попытались отвечать на вопросы наугад. Рекомендуем все-таки почитать курс.

Таблица ответов:

№ п/п	Время	Тест	Текст вопроса	Балл	Ответ
1	9:40:52	35111	Покажите на рисунке все рабочие колеса цилиндра турбины.	-100	Пропуск вопроса
2	9:41:47	34010	На какие две группы можно разделить все паровые турбины?	-100	Пропуск вопроса
3	9:42:28	34038	Закончите предложение. Согласно принятой классификации, паровые турбины разделяются по назначению на:	-100	Пропуск вопроса
4	9:43:08	33992	Выберите наиболее полное и правильное определение паровой турбины.	-100	Пропуск вопроса
5	9:43:11	33872	Дайте правильную характеристику турбины К-1000-60/1500-1.	-100	Пропуск вопроса
6	9:43:13	35133	Покажите на рисунке все сопловые аппараты цилиндра турбины.	-100	Пропуск вопроса
7	9:43:16	34001	В общем случае паротурбинная установка АЭС работает по замкнутому циклу движения рабочего тела. Выберите правильный.	-100	Пропуск вопроса
8	9:43:17	34979	Покажите на рисунке рабочее колесо 1 ступени цилиндра турбины.	-100	Пропуск вопроса
9	9:43:20	34047	Закончите предложение. Согласно принятой классификации, паровые турбины разделяются по характеру теплового процесса на:	-100	Пропуск вопроса
10	9:43:21	33854	Выберите наиболее правильное определение паровой турбины.	-100	Пропуск вопроса
11	9:43:29	34933	Покажите на рисунке ротор турбины.	-100	Пропуск вопроса
12	9:43:31	34905	Покажите на рисунке рабочее колесо 3 ступени цилиндра турбины.	-100	Пропуск вопроса
13	9:43:34	33845	В чем заключается основное преимущество цикла Ренкина по сравнению с циклом Карно?	-100	Пропуск вопроса
14	9:47:52	34435	Особенности идеального цикла Карно.	-100	Пропуск вопроса
15	9:48:04	34706	На H-S диаграмме показаны действительные циклы Карно и Ренкина. Покажите цикл Ренкина, начиная с процесса расширения пара в турбине (выбирать синие точки).	-100	Пропуск вопроса

Преподаватель (инструктор):

Контрольный перечень вопросов к защите курсового проекта

1. Место турбины и турбоустановки в энергоблоке АЭС. Типы турбин АЭС.
2. Осевые усилия и методы их компенсации.
3. Адиабатическое течение пара в канале. Уравнение состояния.
4. Особенности теплового процесса в области влажного пара. Течение влажного пара в турбинных решётках.
5. Адиабатическое течение пара в канале. Уравнение неразрывности (сохранения расхода).
6. Влияние влаги на структуру потока и потери в направляющих и рабочих лопатках. Скачки конденсаций.
7. Адиабатическое течение пара в канале. Уравнение количества движения (сохранения импульса).
8. Дополнительные потери в турбомашине с течением влажного пара. Способы уменьшения влаги в проточной части.
9. Адиабатическое течение пара в канале. Уравнение сохранения энергии.

10. Понятие о переменных и переходных режимах турбин и турбоустановок. Работа отдельной ступени при нерасчётном режиме.
 11. Параметры заторможенного состояния потока, i - s диаграмма состояния.
 12. Дроссельное парораспределение. Сопловое парораспределение.
 13. Трение в процессе истечения потока через канал. Располагаемая и действительная работа расширения рабочего тела.
 14. Обводное (байпасное) парораспределение. Влияние вакуума в ГК на работу турбины.
 15. Турбинная ступень. Конструктивная схема осевой ступени турбомашин. Принцип работы турбинной ступени.
 16. Необходимость регулирования и управления. Задачи регулирования паровой турбины.
 17. Принцип работы турбинной ступени. Турбинные решётки (основные элементы конструкции). Классификация решеток турбин. Основные обозначения.
 18. Особенности регулирования турбин атомных электростанций. Статическая характеристика регулирования.
 19. Тепловой процесс в турбинной ступени. Активный и реактивный принципы работы ступени.
 20. Принципиальные схемы регулирования турбин при работе в базовом режиме и режиме поддержания частоты вращения ротора.
 21. Процесс преобразования энергии в турбинной ступени. Треугольники скоростей.
 22. Требования, предъявляемые к системам регулирования.
 23. Выражение для мощности ступени через скорости с помощью уравнения сохранения энергии.
 24. Особенности теплового процесса в области влажного пара. Течение влажного пара в турбинных решётках.
 25. Изображение процесса расширения рабочего тела в ступени в i - s диаграмме.
 26. Конструкции турбин АЭС и их особенности.
 27. Многоступенчатые турбины. Ступени давления и ступени скорости многоступенчатой турбины.
 28. Элементы паротурбинной установки: конденсационные устройства, насосы, сепараторы-промперегреватели.
 29. Классификация потерь в ступенях турбомашин. Профильные потери в решетках.
 30. Конструкции роторов, решеток рабочих колес, диафрагм.
 31. Классификация потерь в ступенях турбомашин. Концевые потери в решетках.
 32. Корпуса ЦВД и ЦНД. Кольцевые уплотнения отсеков.
 33. К.п.д. осевой ступени турбины.
 34. Подшипники и масляное хозяйство турбины.
 35. Основные преимущества многоступенчатой турбины. Чем определяются предельные размеры последних ступеней?
 36. Разновидности конструкций эжекторов, конденсаторов. Регулирующие и отсечные клапаны.
 37. Принципиальные схемы паротурбинных установок. Конденсационные турбины. Компоновка многоступенчатой паровой турбины. Типы турбин и их классификация.
 38. Особенности конструкций турбин К-230-4, К500-65/3000, К500-60/1500, К1000-65/3000, К-1000-60/1500(1,2)
 39. Коэффициент возврата тепла. Распределение теплоперепадов между ступенями. Характеристический коэффициент многоступенчатой турбины.
- Основы эксплуатации паротурбинных установок.

14.3. Краткий терминологический словарь

АЗ – аварийная защита реактора
АПЭН – аварийный питательный электронасос
АС – атомная станция
АЭС – атомная электростанция
ББ – бассейн-барботёр (бак-барботёр)
БВ – бассейн выдержки
БЗОК – быстродействующий запорно-отсечной клапан
БРУ-А – быстродействующая редукционная установка сброса пара в атмосферу
БРУ-Д - быстродействующая редукционная установка сброса пара в деаэратор
БРУ-К - быстродействующая редукционная установка сброса пара в конденсатор турбины
БРУ-СН - быстродействующая редукционная установка сброса пара в коллектор собственных нужд
БРУ-ТК - быстродействующая редукционная установка сброса пара в технологический конденсатор
БС – барабан-сепаратор
БЦУ – блочный щит управления
ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор
ВКУ – внутрикорпусные устройства
ВПЭН – вспомогательный питательный электронасос
ВХР – водно-химический режим
ГЕ – гидроаккумулирующая ёмкость системы аварийного охлаждения активной зоны
ГПК – главный предохранительный клапан
ГО – герметичная оболочка (гермооболочка)
ГЦК – главный циркуляционный контур
ГЦН – главный циркуляционный насос
ГЦТ – главный циркуляционный трубопровод
ДГ – дизель-генератор
ЖРО – жидкие радиоактивные отходы
ЗРК – запорно-регулирующий клапан
ИПУ – импульсное предохранительное устройство
КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика
КД – компенсатор давления
КМПЦ – контур многократной принудительной циркуляции
МПА – максимальная проектная авария
НВК – нижние водяные коммуникации
НД – нормативная документация
ОК – обратный клапан
ОПБ – общие положения обеспечения безопасности атомной станции
ОТВС – отработавшая тепловыделяющая сборка
ОЯТ – отработавшее ядерное топливо
ПВК – пароводяные коммуникации
ПГ – парогенератор
ПК – предохранительный клапан
ППР – планово-предупредительный ремонт
ПЭЛ – поглощающий элемент
РАО – радиоактивные отходы
РБМК – реактор большой мощности канальный
РГК – раздаточный групповой коллектор
РО – реакторное отделение
РУ – реакторная установка
РЦУ – резервный щит управления
САОЗ – система аварийного охлаждения активной зоны
СБ – система безопасности

СВО – специальная водоочистка
СГО – специальная газоочистка
СУЗ – система управления и защиты реактора
ТВС – тепловыделяющая сборка
ТВЭГ – тепловыделяющий элемент с гадолинием

15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а так же, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний студентов на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий. Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.) С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае студент предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а так же использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний студентов на семинарских занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия студент может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия студент должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание. Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом

требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем студент в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае за-чет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

Программу составил:

А.С.Шелегов, к.т.н., доцент отделения ЯФиТ

Рецензент:

В.И.Слободчук, к.т.н., доцент отделения ЯФиТ

