

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
 «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
 Проректор по учебной работе

_____ С. Т. Князев
 «__» _____ 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ
 ТУРБОМАШИНЫ АЭС**

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Модуль ТУРБОМАШИНЫ АЭС	Код модуля 1134139 Учебный план в ЕИСУ № 6437
Образовательная программа Проектирование и эксплуатация атомных станций	Код ОП 14.05.02/01.01
Траектория образовательной программы (ТОП)	Не предусмотрено
Направление подготовки Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг	Код направления и уровня подготовки 14.05.02
Уровень подготовки специалитет	
ФГОС ВО	Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: 17.08.2015, № 849

Екатеринбург, 2017

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
2	Немихин Юрий Евгеньевич	-	Ст. препода- ватель	Атомные станции и возобновляемые источники энергии	

Руководитель модуля

Рекомендовано учебно-методическим советом Уральского энергетического института

Председатель учебно-методического совета
Протокол № _____ от _____ г.

Е.В. Черепанова

Согласовано:

Дирекция образовательных программ

Р.Х. Токарева

Руководитель образовательной программы (ОП), для которой реализуется модуль

С.Е. Щеклеин

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ «ТУРБОМАШИНЫ АЭС»

1.1. Объем модуля 6 з.е.

1.2. Аннотация содержания модуля

Модуль относится к базовой части ОП.

Модуль изучает турбинное оборудование, используемое на атомных электрических станциях. Рассматриваются основные показатели турбоустановок, принципы преобразования энергии в турбинной ступени, конструкции элементов многоступенчатой турбины и вспомогательного оборудования турбоустановки. Изучаются общие принципы регулирования, защиты и маслоснабжения турбин. Студенты приобретают практические навыки по расчету параметров цикла паротурбинной и газотурбинной установки, определению кинематических и геометрических характеристик ступеней, распределению теплового перепада турбины по ступеням и определению числа ступеней.

2. СТРУКТУРА МОДУЛЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ ПО ДИСЦИПЛИНАМ

Учебный план № 6437 (очная форма обучения)

Наименования дисциплин с указанием, к какой части образовательной программы они относятся: базовой (Б), вариативной – по выбору вуза (ВВ), вариативной - по выбору студента (ВС).		Семестр изучения	Объем времени, отведенный на освоение дисциплин модуля							
			Аудиторные занятия, час.				Самостоятельная работа, включая все виды текущей аттестации, час.	Промежуточная аттестация (зачет, экзамен), час.	Всего по дисциплине	
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего			Час.	Зач. ед.
1.	(Б) Турбомашины АЭС	8	51	34		85	113	Э (18 ч.)	216	6
Всего на освоение модуля			51	34		85	191	18	216	6

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИН В МОДУЛЕ

3.1.	Пререквизиты и постреквизиты в модуле	-
3.2.	Корреквизиты	-

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ

4.1. Планируемые результаты освоения модуля и составляющие их компетенции

Коды ОП, для которых реализуется модуль	Планируемые в ОХОП результаты обучения - РО, которые формируются при освоении модуля	Компетенции в соответствии с ФГОС ВО, а также дополнительные из ОХОП, формируемые при освоении модуля
14.05.02/01.01	РО-01 Способность проводить и участвовать в испытаниях основного технологического оборудования, систем контроля, диагностики, защиты и промышленной автоматики, автоматизированных систем управления технологическими	ПК-3 - готовность к проведению исследования и участия в испытании основного оборудования атомных электрических станций и ядерных энергетических установок в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации; ПК-5 – способность составить отчет по

	<p>процессами атомных станций в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации.</p>	<p>выполненному заданию, готовностью к участию во внедрении результатов исследований и разработок в области проектирования и эксплуатации ЯЭУ;</p>
	<p>РО-ОЗ Способность осуществлять разработку проектов элементов оборудования, технологических систем, систем контроля и управления в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования, использовать в разработке технических проектов новых информационных технологий.</p>	<p>ПК-6 – владение основами расчета на прочность элементов конструкций, механизмов и машин, подходами к обоснованному выбору способа обработки и соединения элементов энергетического оборудования; ПК-10 – готовность к разработке проектов узлов и элементов аппаратов и систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования, к использованию в разработке технических проектов новых информационных технологий; ПК-12 – готовность участвовать в проектировании основного оборудования, систем контроля и управления ядерных энергетических установок с учетом экологических требований и безопасной работы; ПСК-1.5 – готовность к разработке проектов элементов и систем АС и ЯЭУ с целью их модернизации и улучшения технико-экономических показателей с использованием современных средств проектирования и новых информационных технологий; ПСК-1.10 – способность формулировать исходные данные, выбирать и обосновывать научно-технические и организационные решения в области проектирования элементов и систем ЯЭУ.</p>
	<p>РО-О5 Способность формулировать цели проекта, выбирать критерии и показатели, разрабатывать технические требования и задания на разработку и создание компонентов атомных станций и других ядерных энергетических установок.</p>	<p>ПК-9 – способность формулировать цели проекта, выбирать критерии и показатели, выявлять приоритеты решения задач; ПК-11 – готовность к разработке проектной и рабочей технической документации, к оформлению законченных проектно-конструкторских работ в области проектирования ЯЭУ;</p>
	<p>РО-О6 Способность проводить нейтронно-физические и теплогидравлические расчеты реакторных установок в стационарных и нестационарных режимах работы.</p>	<p>ПК-17 – способность проводить нейтронно-физические и теплогидравлические расчеты ядерных реакторов в стационарных и нестационарных режимах работы; ПСК-1.4 – способность выполнять теплогидравлические, нейтронно-</p>

		физические и прочностные расчеты узлов и элементов проектируемого оборудования с использованием современных средств.
--	--	--

4.2. Распределение формирования компетенций по дисциплинам модуля

Дисциплины модуля		ПК-3	ПК-5	ПК-6	ПК-9	ПК-10	ПК-11	ПК-12	ПК-17	ПСК-1.4	ПСК-1.5	ПСК-1.10
1	(Б) Турбомашины АЭС	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

5. ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО МОДУЛЮ

5.1. Весовой коэффициент значимости промежуточной аттестации по модулю:

Не предусмотрена.

5.2. Форма промежуточной аттестации по модулю:

Не предусмотрена.

5.3. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по модулю (Приложение 1).

5.3. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ

5.3.1. ОБЩИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ

Система критериев оценивания результатов обучения в рамках модуля опирается на три уровня освоения: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

5.3.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ

5.3.2.1. Перечень примерных вопросов для интегрированного экзамена по модулю
Не предусмотрено.

5.3.2.2. Перечень примерных тем итоговых проектов по модулю
Не предусмотрено.

6. ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ МОДУЛЯ

Номер листа изменений	Номер протокола заседания проектной группы модуля	Дата заседания проектной группы модуля	Всего листов в документе	Подпись руководителя проектной группы модуля

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТУРБОМАШИНЫ АЭС

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Модуль ТУРБОМАШИНЫ АЭС	Код модуля 1134139 Учебный план в ЕИСУ № 6437
Образовательная программа Проектирование и эксплуатация атомных станций	Код ОП 14.05.02/01.01
Направление подготовки Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг	Код направления и уровня подготовки 14.05.02
Уровень подготовки специалитет	
ФГОС ВО	Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО: 17.08.2015, № 849

Екатеринбург, 2017

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Целищев Максим Федорович	К.т.н., доцент	Доцент	Турбины и двигатели	
2	Немихин Юрий Евгеньевич	-	Ст. препода- ватель	Атомные станции и возобновляемые источники энергии	

Руководитель модуля

М. Ф. Целищев

Рекомендовано учебно-методическим советом Уральского энергетического института

Председатель учебно-методического совета
Протокол № _____ от _____ г.

Е.В.Черепанова

Согласовано:

Дирекция образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «ТУРБОМАШИНЫ АЭС»

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Дисциплина «Турбомашины АЭС» является единственной дисциплиной одноименного модуля и относится к базовой части учебного плана. Дисциплина посвящена изучению турбинного оборудования, используемого на атомных электрических станциях. Рассматриваются основные показатели турбоустановок, принципы преобразования энергии в турбинной ступени, конструкции элементов многоступенчатой турбины и вспомогательного оборудования турбоустановки. Изучаются общие принципы регулирования, защиты и маслоснабжения турбин. Студенты приобретают практические навыки по расчету параметров цикла паротурбинной и газотурбинной установки, определению кинематических и геометрических характеристик ступеней, распределению теплового перепада турбины по ступеням и определению числа ступеней.

1.2. Язык реализации программы – русский.

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:

ПК-3 - готовность к проведению исследования и участия в испытании основного оборудования атомных электрических станций и ядерных энергетических установок в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации;

ПК-5 – способность составить отчет по выполненному заданию, готовностью к участию во внедрении результатов исследований и разработок в области проектирования и эксплуатации ЯЭУ;

ПК-6 – владение основами расчета на прочность элементов конструкций, механизмов и машин, подходами к обоснованному выбору способа обработки и соединения элементов энергетического оборудования;

ПК-9 – способность формулировать цели проекта, выбирать критерии и показатели, выявлять приоритеты решения задач;

ПК-10 – готовность к разработке проектов узлов и элементов аппаратов и систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования, к использованию в разработке технических проектов новых информационных технологий;

ПК-11 – готовность к разработке проектной и рабочей технической документации, к оформлению законченных проектно-конструкторских работ в области проектирования ЯЭУ;

ПК-12 – готовность участвовать в проектировании основного оборудования, систем контроля и управления ядерных энергетических установок с учетом экологических требований и безопасной работы;

ПК-17 – способность проводить нейтронно-физические и теплогидравлические расчеты ядерных реакторов в стационарных и нестационарных режимах работы;

ПСК-1.4 – способность выполнять теплогидравлические, нейтронно-физические и прочностные расчеты узлов и элементов проектируемого оборудования с использованием современных средств;

ПСК-1.5 – готовность к разработке проектов элементов и систем АС и ЯЭУ с целью их модернизации и улучшения технико-экономических показателей с использованием современных средств проектирования и новых информационных технологий;

ПСК-1.10 – способность формулировать исходные данные, выбирать и обосновывать научно-технические и организационные решения в области проектирования элементов и систем ЯЭУ.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- параметры и характеристики турбинного оборудования АЭС;
- особенности конструкции и способы регулирования работы турбины;

- требования, предъявляемые к турбомашинам АЭС, конструктивные особенности и материалы трубопроводов;
- требования, предъявляемые к арматуре турбомашин АЭС, классификацию и основные правила эксплуатации арматуры.

Уметь:

- определять основные характеристики турбомашин АЭС;
- использовать методы физического моделирования и подобия при расчете турбинных агрегатов;
- проводить расчет на прочность элементов турбин.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- основами эксплуатации паротурбинных установок АЭС.
- основами проектирования паротурбинных установок АЭС.

1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	
				8
1.	Аудиторные занятия	85	85	85
2.	Лекции	51	51	51
3.	Практические занятия	34	34	34
4.	Лабораторные работы			
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации	113	15,75	113
6.	Промежуточная аттестация	18	2,33	18
7.	Общий объем по учебному плану, час.	216	103,08	216
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	6		6

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
P1	Введение	Тепловые циклы и принципиальные схемы турбоустановок. Место и назначение паровых и газовых турбин в схемах атомных электростанций. Энергетическая программа о развитии атомной энергетики. Современное состояние турбиностроения в России и за рубежом. Вопросы охраны окружающей среды АЭС.
P2	Тепловые схемы турбоустановок АЭС и их экономичность	Особенности схем турбин для АЭС. Коэффициенты полезного действия турбины и всей турбоустановки. Пути повышения экономичности турбоустановок. Влияние эффективности работы турбомашин на экономичность АЭС; влияние начальных и конечных параметров пара; влияние влажности. Промежуточная сепарация и перегрев пара. Выбор разделительного давления в турбинах АЭС. Регенерация тепла. Перспективы применения на АЭС ГТУ. Типы турбин и их классификация. Стандартизация основных параметров турбин. Обозначение турбин.
P3	Преобразование энергии рабочего тела в турбинной ступени	Ступень турбины. Тепловой процесс в турбинной ступени. Активный и реактивный способы расширения в ступени. Степень реакции. Треугольники скоростей и давления. Усилия, действующие на лопатки. Классификация решеток; основные

		<p>обозначения. Потери энергии в турбинной ступени. Конструктивные характеристики сопловых и рабочих решеток. Коэффициент полезного действия ступени и его зависимость от соотношения скоростей. Расход через ступень и ее размеры. Полный и парциальный подвод рабочего тела к ступени. Дополнительные потери в ступенях турбин (потери на трение, вентиляцию и выколачивание).</p> <p>Рабочий процесс в ступени влажнопаровой турбины. Процесс расширения влажного пара. Движение влаги в турбине. Потери энергии от влажности. КПД влажнопаровой ступени. Эрозия; активные и пассивные методы борьбы с ней. Сепарация влаги в турбине: внутреннее влагоудаление, влагоулавливание за направляющими лопатками и за рабочим колесом.</p> <p>Расчет турбинной ступени, работающей в перегретом паре. Особенности течения пара в ступенях с длинными лопатками; методы расчета этих ступеней. Особенности расчета турбинной ступени, работающей во влажном паре.</p>
P4	Многоступенчатые турбины (МСТ)	<p>Конструктивная схема МСТ и ее связь с процессом преобразования энергии. Преимущества МСТ. Основы выбора конструкции. Деление МСТ на цилиндры и отсеки. Регулирующая ступень. Ступени с короткими лопатками. Особенности ступеней с длинными лопатками. Процесс расширения пара в турбине. Коэффициент возврата тепла и его влияние на КПД. Характеристический коэффициент и его связь с числом ступеней. Влияние влажности на эффективность работы МСТ.</p> <p>Выбор числа оборотов турбины. Выбор разделительного давления и разбивка теплоперепада по цилиндрам. Расчет первой и последней ступени цилиндров.</p> <p>Осевые усилия в МСТ и способы их уравнивания.</p> <p>Потери от утечек пара в турбинах. Устройство и принцип действия концевых уплотнений МСТ. Расчет ступенчатого лабиринтового уплотнения. Особенности расчета и проектирования уплотнений турбин, работающих на радиоактивных средах.</p>
P5	Работа турбины при переменном режиме	<p>Переменный режим работы турбинной установки. Причины, обуславливающие переменный режим работы, классификация режимов. Работа сопел при переменном режиме. Расширение потока в косом срезе решеток.</p> <p>Переменный режим работы ступени. Влияние соотношения скоростей на КПД и реакцию ступени при переменном режиме. Изменение давлений и теплоперепадов по ступеням МСТ при переменном режиме работы. Тепловой процесс в паровой турбине при переменном расходе пара. Типы парораспределения МСТ. Выбор типа парораспределения для турбин АЭС. Влияние изменений параметров свежего пара и давления в конденсаторе на мощность и экономичность турбин. Диаграммы, характеризующие переменный режим работы турбины.</p>
P6	Конструкция основных элементов турбин	<p>Конструкция и материал рабочих лопаток. Растяжение, изгиб и вибрация рабочих лопаток. Обеспечение надежности облопачивания при колебаниях лопаток. Диски. Цельнокованные и комбинированные роторы. Посадка диска на вал, напряжение в диске. Критическое число оборотов ротора. Соединительные</p>

		<p>муфты; их типы, конструкции, материалы.</p> <p>Статоры турбин. Корпус цилиндра. Крепление корпуса и обеспечение тепловых расширений. Центровка. Фланцевое соединение. Диафрагмы. Прочность и прогиб диафрагм. Обоймы. Крепление в корпусах диафрагм и обойм.</p> <p>Подшипники. Принцип работы подшипников. Опорные, упорные и опорно-упорные подшипники.</p> <p>Общие принципы конструирования турбин АЭС. Типовые конструкции влажнопаровых турбин. Паровые турбины для АЭС высоких начальных параметров.</p> <p>Методы расчета на прочность элементов турбин АЭС. Условия работы элементов турбин. Металлы, применяемые в турбинах АЭС.</p>
Р7	Система регулирования, защиты и маслоснабжения турбин	<p>Общие принципы регулирования турбин. Схемы прямого и непрямого регулирования. Примеры принципиальных схем регулирования. Особенности регулирования турбин АЭС. Статическая характеристика регулирования.</p> <p>Нечувствительность регулирования. Параллельная работа турбоагрегатов. Регулирование и защита турбин АЭС. Конструкции органов парораспределения, регулирования и защиты турбины.</p> <p>Схема маслоснабжения турбин АЭС. Основные элементы системы подачи и распределения масла: насосы, маслопроводы, баки, инжекторы, маслоохладители. Аварийная смазка подшипников. Вопросы пожарной безопасности. Физико-химические и эксплуатационные свойства турбинных масел.</p> <p>Обеспечение надежности систем регулирования, защиты и маслоснабжения турбин в условиях эксплуатации.</p>
Р8	Конденсационная установка (КУ)	<p>Назначение, состав и схемы конденсационной установки (КУ). Конструктивная схема конденсатора. Взаимодействие основных потоков в конденсаторе. Водяная и паровая стороны конденсатора. Принципы рациональной компоновки трубного пучка конденсатора. Паровое сопротивление, присосы воздуха и его удаление. Обзор современных конструкций конденсаторов паровых турбин АЭС.</p> <p>Методики теплового и гидродинамического расчета конденсаторов.</p> <p>Насосы КУ. Принцип действия, конструкция воздушных насосов (эжекторов). Особенности работы и выбора конденсатных и циркуляционных насосов.</p> <p>Основы эксплуатации КУ. Обеспечение воздушной и гидравлической плотности конденсатора. Загрязнение труб конденсатора. Способы контроля состояния поверхности теплообмена и обеспечение оптимальных сроков чистки конденсаторов. Методы предупреждения загрязнений и чистки конденсаторов.</p> <p>Повышение эффективности работы КУ за счет интенсификации теплообмена в конденсаторах паровых турбин.</p>
Р9	Вспомогательное оборудование турбинной установки	<p>Регенеративные подогреватели: смешивающие и поверхностного типа. Принцип действия и конструкция.</p> <p>Деаэраторы питательной воды, принцип действия и устройство.</p> <p>Питательные насосы и их привод.</p>

		Сепараторы и промперегреватели. Конструкция и принцип действия.
P10	Основы эксплуатации паротурбинных установок	<p>Пусковая схема турбоустановки. Подготовка к пуску и пуск турбоустановки из холодного состояния. Особенности пуска турбины из неостывшего состояния.</p> <p>Обслуживание турбоустановки при установившемся режиме работы. Разгрузка турбоагрегата. Выбег ротора. Аварии и неполадки турбин АЭС.</p>
P11	Газотурбинные установки (ГТУ) на АЭС	<p>Классификация ГТУ и стандартизация основных параметров. Циклы ГТУ при $P = \text{const}$. Выбор рабочего тела для ГТУ на диссоциирующих газах. Обзор конструкций современных ГТУ.</p> <p>Преимущества и недостатки современных газовых турбин в сравнении с другими тепловыми двигателями. Особенности конструкции газовых турбин. Перспективы применения ГТУ на АЭС.</p>

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Лабораторные работы

Не предусмотрено

4.2. Практические занятия

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P2	1	Расчет параметров цикла ПТУ	4
P3	2	Определение кинематических и геометрических характеристик ступеней. Построение треугольников скоростей	6
P4	3	Распределение теплового перепада турбины по ступеням, определение числа ступеней	4
P5	4	Сетка расходов А.В. Щегляева	4
P6	5	Конструкция деталей роторной группы, конструкция деталей статорной группы турбин	8
P7	6	Схемы регулирования турбин АЭС	4
P8	7	Характеристики конденсационной установки	2
P11	8	Расчет цикла ГТУ	2
Всего:			34

4.3.1. 4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

Расчет ступени турбомшины.

4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено.

4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено.

4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

Не предусмотрено.

4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено.

4.3.7. Примерный перечень тем курсовых работ

Тепловой расчет цилиндра высокого давления влажнопаровой турбины АЭС (по вариантам).

4.3.8. Примерная тематика контрольных работ

Не предусмотрено

4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено.

5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения						Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Другие (указать, какие)	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практики и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Другие (указать, какие)
P1												
P2				+	+							
P3				+	+						+	
P4				+	+						+	
P5				+	+							
P6				+	+							
P7				+	+							
P8				+	+							
P9				+								
P10				+								
P11				+	+							

6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (Приложение 1)

7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (Приложение 2)

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 3)

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1.Рекомендуемая литература

9.1.1.Основная литература

1. Трояновский Б.М. Паровые и газовые турбины атомных электростанций: учебное пособие для вузов/Б.М. Трояновский, Г.А. Филиппов, Е. Булкин. М.: Энергоатомиздат, 1985. 256 с.
2. Паротурбинные установки атомных электростанций/под. ред. Ю.Ф. Косяка. М.: Энергия, 1978. 312 с.
3. Тепловые и атомные электрические станции: справочник; под ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. М.: Энергоатомиздат, 1989. 608 с.

9.1.2.Дополнительная литература

1. Маргулова Т.Х. Атомные электрические станции: учебник для вузов/Т.Х. Маргулова. М.: Высшая школа, 1984. 304 с.
2. Паровые турбины. Книга 1 и 2/А.В. Щегляев. М.: Энергоатомиздат, 1993.-384 с., 416 с.
3. Трояновский Б.М. Турбины для атомных электростанций/Б.М. Трояновский. М.: Энергия, 1973. 184 с.
4. Косяк Ю.Ф. Эксплуатация турбин АЭС/Ю.Ф. Косяк, В.Н. Галанцан, В.А. Палей. М.: Энергоатомиздат, 1983. 144 с.
5. Тепловые и атомные электрические станции: справочник; под ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. М.: Энергоатомиздат, 1989. 608 с.
6. Дмитриев С. М., Зверев Д. Л., Бых О. А., Панов Ю. К., Сорокин Н. М., Фарафонов В. А. Основное оборудование АЭС: учебное пособие, Издательство: Высшэйшая школа, 2015

9.2. Методические разработки

1. Тепловой расчет проточной части паровых турбин [Текст]: учебное пособие / А. В. Осипов, А. В. Бирюков ; М-во образования и науки Российской Федерации, Брянский гос. технический ун-т Брянск : Изд-во БГТУ, 2012 - 118 с.
2. Бродов Ю.М. Тепловой расчет ЦВД влажнопаровой турбины: Методические указания к курсовой работе. Свердловск: УПИ, 1990. 37 с.

9.3. Программное обеспечение

Не используется

9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=169> Библиотека УрФУ.
2. Государственная публичная научно-техническая библиотека
Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>
3. Российская национальная библиотека
Режим доступа: <http://www.rsl.ru>
4. Библиотека нормативно-технической литературы
Режим доступа: <http://www.tehlit.ru>
5. Электронная библиотека нормативно-технической документации
Режим доступа: <http://www.technormativ.ru>

9.5.Электронные образовательные ресурсы

Не используются

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Лекционный материал должен изучаться в специализированной аудитории, оснащённой современным компьютером с подключенным к нему проектором для демонстрации отдельных лекций на настенный экран.

Практические занятия должны выполняться в специализированной лаборатории кафедры «Турбины и двигатели», оснащённой элементами турбомашин.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
к рабочей программе дисциплины

6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины – _____, в том числе, коэффициент значимости курсовой работы – _____

6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0,5		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение лекций	VIII, 1-17	40
Работа на лекциях	VIII, 1-17	60
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0,4		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0,6		
2. Практические занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических занятий – 0,5		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение практических занятий	VIII, 1-17	40
Участие в практических занятиях	VIII, 1-17	20
Домашняя работа	VIII, 1-17	40
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим занятиям – 1		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрена		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0		
3. Лабораторные занятия: не предусмотрены		

6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы

Текущая аттестация выполнения курсовой работы	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Выполнение расчета	VIII, 4-9	50
Выполнение графической части	VIII, 10-12	30
Оформление пояснительной записки	VIII, 13-16	20
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы – 0,5		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы – защиты – 0,5		

6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины

Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина	Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре
Семестр 8	1

7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте ФЭПО <http://fepo.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте Интернет-тренажеры <http://training.i-exam.ru>.

Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на портале СМУДС УрФУ.

В связи с отсутствием Дисциплины и ее аналогов, по которым возможно тестирование, на сайтах ФЭПО, Интернет-тренажеры и портале СМУДС УрФУ, тестирование в рамках НТК не проводится.

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

8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует

	решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

При проведении независимого тестового контроля как формы промежуточной аттестации применяется методика оценивания результатов, предлагаемая разработчиками тестов. Процентные показатели результатов независимого тестового контроля переводятся в баллы промежуточной аттестации по 100-балльной шкале в БРС:

- в случае балльной оценки по тесту (блокам, частям теста) переводится процент набранных баллов от общего числа возможных баллов по тесту;
- при отсутствии балльной оценки по тесту переводится процент верно выполненных заданий теста, от общего числа заданий.

8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.3.1. Примерные задания для проведения контрольных работ

Не предусмотрено

8.3.2. Примерные задания для выполнения домашних работ

1. Расчет газодинамических характеристик ступени турбомшины. Включает в себя определение скоростей пара на выходе из решеток, расчет треугольников скоростей, определение потерь в решетках.

2. Расчет зависимости относительного лопаточного КПД как функции от располагаемого теплоперепада ступени.

3. Расчет изменения газодинамических характеристик по высоте ступени с учетом закрутки для разных законов закрутки

8.3.3. Примерные задания для курсовой работы

Курсовая работа должна содержать расчет цилиндра высокого давления влажнопаровой турбины. При этом принимается, что турбина не имеет выделенной регулирующей ступени.

Для выполнения курсовой работы выдаются следующие исходные данные:

Начальное давление пара — P_0 , МПа.

Начальная степень сухости пара — X_0 .

Давление пара на выходе из цилиндра — P_k , МПа.

Расход свежего пара — G_0 , кг/с.

Частота вращения ротора — n , 1/с.

Количество отборов.

Давление пара, отбираемого на первом отборе — $P_{1отб}$, МПа.

Давление пара, отбираемого на втором отборе — $P_{2отб}$, МПа.

Расход пара, отбираемого на первом отборе — $G_{1отб}$, кг/с.

Расход пара, отбираемого на втором отборе — $G_{2отб}$, кг/с.

Оформленная студентом курсовая работа должна состоять из следующих обязательных элементов

Пояснительная записка, которая содержит следующие обязательные элементы:

1. Введение.
2. Подробное описание проектируемого цилиндра.
3. Предварительное построение теплового процесса цилиндра в $h-S$ диаграмме.
4. Предварительный расчет цилиндра, выбор числа ступеней и распределение теплоперепада между ними.
5. Детальный расчет проточной части цилиндра и построение треугольников скоростей для каждой ступени.
6. Расчет внутренней мощности и относительного внутреннего КПД цилиндра.
7. Выбор схемы и расчет концевых уплотнений
8. Расчет и обоснование отдельных конструктивных элементов деталей и узлов цилиндра.
9. Индивидуальное задание — подробное описание назначения, принципа действия, конструкции отдельного элемента или узла турбоустановки; анализ особенностей этого узла применительно к влажнопаровой турбине. В описании обязательно должны быть все необходимые иллюстрации.

Графическая часть выполняется на листах формата А2 с соблюдением всех правил и содержит следующие элементы:

1. Продольный разрез турбины со всеми треугольниками скоростей в масштабе.
2. Чертеж по индивидуальному заданию.

8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено

8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Вопросы к экзамену по дисциплине «Турбомашины АЭС»
2. Тепловые циклы и принципиальные схемы турбоустановок.
3. Особенности схем турбинных установок АЭС.
4. Влияние на экономичность турбоустановок начальных и конечных параметров пара, влажности пара.
5. Промежуточный перегрев и сепарация
6. Ступень паровой турбины и ее элементы. Расширение пара в сопловой решетке. Определение скорости потока.
7. Активная ступень. Построение процесса в тепловой диаграмме. Треугольники скоростей.
8. Реактивная ступень, степень реактивности. Определение скорости на выходе из рабочих лопаток. Построение процесса расширения в тепловой диаграмме. Треугольники скоростей.
9. Классификация профилей сопловых и рабочих лопаток.
10. Определение высот сопловых и рабочих лопаток.
11. Основные потери энергии в ступени. Относительны лопаточный КПД ступени и его зависимость от характеристики ступени $U/C_{ф}$.
12. Дополнительные потери в ступени. Относительный внутренний КПД.
13. Рабочий процесс в ступени влажнопаровой турбины. Потери энергии от влажности пара. КПД влажнопаровой ступени.
14. Эрозия и методы борьбы с ней: сепарация пара, внутреннее влагоудаление, защита проточной части.
15. Ступени с длинными рабочими лопатками. Построение треугольников скоростей для различных сечений: корневого, среднего и периферийного. Законы закруток лопаток.

16. Схема многоступенчатой турбины, основных элементы и их назначение. Изменение параметров вдоль оси турбины. Преимущества и недостатки многоступенчатых турбин.
17. Методика расчета многоступенчатых паровых турбин. Определение числа ступеней и их диаметров. Разбивка теплоперепада по ступеням.
18. Коэффициент возврата тепла и его оценка. Физический смысл коэффициента возврата тепла.
19. Осевое усилие многоступенчатых паровых турбин. Способы уменьшения усилия.
20. Построение предполагаемого теплового процесса в диаграмме $h-s$ для влажнопаровой турбины.
21. Подогреватели системы регенерации турбинных установок. Определение расходов пара на подогреватели, уравнения тепловых балансов.
22. Системы парораспределения паровых турбин. Дроссельное и сопловое парораспределение. Преимущества и недостатки.
23. Концевые уплотнения паровых турбин и их назначение. Схема лабиринтовых уплотнений. Расчет лабиринтовых уплотнений.
24. Конденсационные установки паровых турбин. Назначение, схема и основные элементы конденсационной установки.
25. Тепловой расчет конденсатора. Задачи теплового расчета. Компоновки трубных пучков конденсаторов.
26. Основные характеристики конденсатора, полученные опытным путем.
27. Воздухоотсасывающие устройства конденсационных установок. Эжекторы, принцип действия и назначение. Типы эжекторов.
28. Основы эксплуатации конденсационной установки. Гидравлическая и воздушная плотность конденсатора. Чистка поверхности охлаждения конденсатора.
29. Насосы конденсационной установки: конденсатные и циркуляционные насосы. Особенности конструкции, условия работы.
30. Работа ступени турбомашин при переменном режиме. Изменение КПД ступени.
31. Последняя ступень паровой конденсационной турбины при переменном давлении в конденсаторе. Понятие об экономическом и предельном вакууме.
32. Причины, вызывающие переменный режим работы турбины.
33. Изменение реактивности при переменном режиме.
34. Диаграмма $G-P$ при разных системах парораспределения.
35. Выбор допустимых напряжений для основных деталей турбины.
36. Конструкция роторов турбин: цельнокованные, сварные и с насадными дисками. Области применения.
37. Колебания валов, типы колебаний. Критическая частота вращения ротора. Жесткие и гибкие валы.
38. Подшипники турбин. Опорные и упорные подшипники. Назначение и конструкция.
39. Особенности конструкций деталей влажнопаровых турбин. Способы защиты проточной части от эрозии.
40. Корпуса паровых турбин. Требования к конструкции корпуса. Определение толщины стенки корпуса.
41. Диафрагмы паровых турбин. Конструкция и назначение. Способы установки диафрагм в корпусе турбины. Определение толщины диафрагм.
42. Рабочие лопатки паровых турбин. Конструкция. Виды хвостовиков. Растяжение рабочих лопаток центробежными силами. Изгиб лопаток от паровых усилий.
43. Колебания рабочих лопаток, причины, вызывающие колебания, виды колебаний. Резонансная диаграмма лопаток.
44. Схемы простейшей ГТУ. Основные элементы и их назначение. Изображение цикла ГТУ в $T-S$ диаграмме.
45. Способы повышения КПД газотурбинных установок.
46. ГТУ закрытого типа. Гелиевые и углекислотные установки. Принцип действия и схема.
47. Режимы работы турбин АЭС и принципы построения АСР.
48. Статическая характеристика АСР турбины и основные показатели.

49. Параллельная работа турбин и механизм управления турбиной.
50. Регулирующие органы турбин АЭС.
51. Защитные устройства турбин.
52. Электрогидравлические системы регулирования.
53. Требования, предъявляемые к работе турбоустановок.
54. Пуск и остановка турбоагрегата.

8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации

Не используются.

8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля

Не используются.

8.3.8. Интернет-тренажеры

Не используются.