

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

Атомные электрические станции

название дисциплины

для студентов направления подготовки

14.03.01 – Ядерная энергетика и теплофизика

Шифр, название специальности/направления подготовки

образовательная программа

Атомные электрические станции и установки

Шифр, название специализации/профиля

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

- формирование знаний основ технологии производства электрической и тепловой энергии на АЭС;
- формирование знаний состава и принципов работы основного оборудования АЭС;
- формирование умений анализировать тепловые схемы отдельных систем и АЭС в целом.

Задачи дисциплины:

- изучение основных принципов выбора параметров рабочих циклов ЯЭУ, анализ различия энергоблоков с реакторами разных типов;
- изучение принципов выбора оптимальных научно-технических решений по отдельным системам и элементам схем АЭС при их проектировании и эксплуатации;
- изучение основных систем нормальной эксплуатации, систем безопасности, систем локализации аварий энергоблоков с реакторами разных типов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) БАКАЛАВРИАТА

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

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Физика ядерных реакторов», «Механика жидкости и газа», «Техническая термодинамика», «Ядерные энергетические реакторы», «Парогенераторы и теплообменники АЭС».

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Эксплуатация АЭС», «Производственная практика», Подготовка выпускной квалификационной работы

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

В результате освоения ОП 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.	З-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.	З-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 (B11)	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 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 чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (B17)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для 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 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 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)	1. Использование воспитательного потенциала блока профессиональных 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	Количество часов на вид работы по семестрам:		
	№ 7	№8	Всего
Контактная работа обучающихся с преподавателем			
Аудиторные занятия (всего)	48	20	68
В том числе:			
лекции	32		32
практические занятия (из них в форме практической подготовки)	16	20	36
лабораторные занятия (из них в форме практической подготовки)	-	-	-
Промежуточная аттестация			
В том числе:			
зачет			
зачет с оценкой		36	36
экзамен	54		54
Самостоятельная работа обучающихся	42	16	58
Всего (часы):	144	72	236
Всего (зачетные единицы):	4	2	6

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)

Неделя	Наименование раздела / темы дисциплины	Виды учебной работы				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1	1. Введение. Типы АЭС и их основное оборудование.	2				2
2	2. Выбор параметров. Тепловая экономичность АЭС. Место АЭС в энергосистеме	2	1			6
3-4	3. Регенерация на АЭС	4	1			4
5-10	4. Реакторные установки. Главный реакторный контур и его вспомогательные системы.	12	10			24
11-12	5. Конденсационные и деаэрационно-питательные установки АС. Схемы конденсатоочистки	4	2			2

13	6. Техническое водоснабжение	2	2			
14-15	7. Активация и дезактивация на АЭС. Радиоактивные отходы на АЭС. Обращение с радиоактивными отходами.	4				2
16	8. Вентиляционные установки на АЭС	2				2
	Итого за 7 семестр:	32	16			42
1	Задание на курсовой проект		1			1
2	Разработка и согласование тепловой схемы		2			1
2-3	Составление математической модели для расчета тепловой схемы		3			2
4	Текущий контроль выполнения курсового проекта		2			2
5-8	Выполнение расчетов		8			6
9	Оформление и представление результатов для проверки консультанту		2			2
10	Защита курсового проекта перед комиссией		2			2
	Итого за 10 семестр:		20			16
	Всего:	32	36			58

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
1-16	7 семестр	
1	1. Введение. Типы АЭС и их основное оборудование.	Содержание и построение курса. Рекомендуемая литература. Типы ЯЭУ, назначение, перспективы. Основное технологическое оборудование ЯЭУ. Назначение, основные требования, предъявляемые к основному оборудованию ЯЭУ. Теплоносители и рабочие тела ЯЭУ. Требования, предъявляемые к теплоносителям и рабочим телам, их свойства.
2	2. Выбор параметров. Тепловая экономичность АЭС.	Термодинамические циклы ЯЭУ. Основные параметры термодинамического цикла. Определение термического коэффициента полезного действия. Обоснование начальных параметров рабочего тела одноконтурных ЯЭУ с реакторами, охлаждаемыми кипящей

		водой. Особенности выбора начальных параметров рабочего цикла двух- и трехконтурных ЯЭУ. Выбор и обоснование конечных параметров рабочего тела. Показатели тепловой экономичности АС. Коэффициенты полезного действия, удельные расходы тепла и пара. Пути повышения тепловой экономичности АС. Графики электрической и тепловой нагрузки. КИУМ.
3-4	3. Регенерация на АЭС	Влияние регенеративного подогрева питательной воды на тепловую экономичность АС. Оптимальное распределение регенеративного подогрева по ступеням на АС. Выбор оптимальной температуры питательной воды и числа регенеративных подогревателей
5-10	4. Реакторные установки. Главный реакторный контур и его вспомогательные системы.	Состав реакторной установки. Принципиальные схемы главных циркуляционных контуров. Реакторные установки корпусного и канального типа, их основные характеристики. Сравнение реакторных установок канального и корпусного типов. Основные системы нормальной эксплуатации реакторных установок с реакторами ВВЭР и РБМК. Системы безопасности, их классификация. Защитные системы безопасности. Основные принципы проектирования систем безопасности. Способы удержания и системы локализации радиоактивных продуктов на АЭС. Локализация аварий на реакторных установках типа РБМК, ВВЭР
11-12	5. Конденсационные и деаэрационно-питательные установки АС. Схемы конденсатоочистки	Задачи и основные элементы конденсационных установок АС. Зависимость вакуума в конденсаторе от входной температуры охлаждающей воды и кратности охлаждения. Пути поступления газов в цикл. Организация деаэрации в конденсаторе. Схемы отсоса парогазовой смеси. Выбор места отсоса. Схемы включения пусковых и основных эжекторов. Состав и назначение деаэрационно-питательных установок. Способы дегазации питательной воды. Типы деаэраторов. Дегазация питательной воды в термических деаэраторах, их конструкции, схемы организации выпара в деаэраторе. Включение деаэраторов в тепловую схему АС. Питательные насосы.
13	6. Техническое водоснабжение	Назначение технического водоснабжения и

		основные потребители техводы на АЭС. Классификация систем технического водоснабжения. Прямоточная и обратная системы технического водоснабжения. Выбор системы. Схема подключения конденсаторов турбин и других потребителей к системе технического водоснабжения. Определение общего расхода воды в системе технического водоснабжения. Выбор типа, числа и производительности циркуляционных насосов.
14-15	7. Активация и дезактивация на АЭС. Радиоактивные отходы на АЭС. Обращение с радиоактивными отходами.	Назначение дезактивационных установок. Активация на АС. Радиоактивные отложения в контурах АС и методы периодического удаления этих отложений. Спецводоочистка на АС. Дезактивация жидких радиоактивных отходов. Дезактивация твердых радиоактивных отходов. Способы дезактивации газообразных радиоактивных отходов.
16	8. Вентиляционные установки на АЭС	Вентиляционные установки АС. Классификация помещений по степени активности. Основы проектирования специальной и технологической вентиляции. Примеры схем вентиляционных установок АС. Вентиляционные центры АС.

Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1	Выбор параметров. Тепловая экономичность АЭС. Место АЭС в энергосистеме	Взаимное влияние параметров первого и второго контуров АЭС с ВВЭР на термический к.п.д. Цикла. Рассматриваемые вопросы. Номинальные параметры теплоносителя и рабочего тела серийного блока с ВВЭР-1000. Т-Q диаграмма парогенератора. Влияние начальных параметров рабочего тела на термический к.п.д. Цикла Ренкина. Анализ результатов.
2	Регенерация на АЭС	Влияние степени регенерации на тепловую эффективность цикла Рассматриваемые вопросы. Что такое степень регенерации. Оптимальные параметры регенеративного подогрева. Система регенеративного подогрева блока с ВВЭР-1000. Анализ результатов
3	Реакторные установки. Главный реакторный	Взаимное влияние параметров КМПС РБМК Рассматриваемые вопросы.

	контур и его вспомогательные системы	Состав КМПЦ РБМК-1000. Материальный и энергетический балансы КМПЦ. Среднее паросодержание на выходе ТК, от чего оно зависит. Номинальные параметры теплоносителя РБМК-1000. Анализ результатов.
4	Реакторные установки. Главный реакторный контур и его вспомогательные системы	Очистка теплоносителя 1 контура ВВЭР Рассматриваемые вопросы. Основы ВХР 1 контура ВВЭР. Что такое продувка, как она реализуется. Рабочие параметры СВО. Анализ результатов.
5	Реакторные установки. Главный реакторный контур и его вспомогательные системы	Влияние профилирования а.з. На тепловую эффективность цикла. Рассматриваемые вопросы. Какие виды профилирования могут использоваться для а.з. Реактора. Параметры, ограничивающие мощность реактора. Что такое запас до кипения. Параметры теплоносителя серийного блока с ВВЭР-1000. Анализ результатов.
6	Реакторные установки. Главный реакторный контур и его вспомогательные системы	Влияние характеристик материала оболочек твэлов на тепловую эффективность цикла Рассматриваемые вопросы. Материалы оболочек твэлов, их рабочие температуры. Распределение температуры в твэле. Средний подогрев теплоносителя по а.з. ВВЭР-1000. Влияние параметров теплоносителя на начальные параметры рабочего тела. Анализ результатов.
7	Техническое водоснабжение	Влияние влажности воздуха на давление в конденсаторе и параметры КМПЦ Рассматриваемые вопросы. Типы систем технического водоснабжения. Испарительное охлаждение циркуляционной воды. Зависимость вакуума в конденсаторе от температуры охлаждающей воды и кратности охлаждения. Анализ результатов.
8	Конденсационные и деаэрационно-питательные установки АС. Схемы конденсаторо-очистки	Влияние кратности охлаждения конденсаторов на выработку электроэнергии Рассматриваемые вопросы. Что такое кратность охлаждения и как она влияет на вакуум в конденсаторе. Влияние вакуума в конденсаторе на термический к.п.д. Цикла Ренкина. Оптимальная кратность охлаждения и расчетный вакуум. Анализ результатов.

Лабораторные занятия

Лабораторный практикум не предусмотрен

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

Методические указания к семинарским занятиям по курсу «Атомные электростанции». Утверждено 30.08.2015. ИАТЭ НИЯУ МИФИ

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 участию в семинарах, выполнение письменных работ).

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.

8. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

8.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

В качестве форм текущего контроля выбрана контрольная работа. В 7 семестре по темам 1-4 предусмотрена контрольная работа на 8 неделе. Контрольная работа предполагает рассмотрение одного/двух вопросов по указанным темам и представляется, как правило, в письменной форме. Дополнительно на 15 неделе проводится контроль по семинарским занятиям

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
Текущая аттестация, 7 семестр			
1.	Типы АЭС и их основное оборудование. Выбор параметров. Тепловая экономичность АЭС. Место АЭС в энергосистеме. Регенерация на АЭС. Водно-химический режим в контурах ЯЭУ Реакторные установки. Главный реакторный контур и его вспомогательные системы.	З-ПК-3.1; У-ПК-3.1; В-ПК-3.1	Контрольная работа (комплект вопросов).
2.	Выбор параметров. Тепловая экономичность АЭС.	З-ПК-3.2; У-ПК-3.2; В-ПК-3.2	Семинарские занятия (типовые задания для

	Регенерация на АЭС. Реакторные установки. Главный реакторный контур и его вспомогательные системы. Техническое водоснабжение. Конденсационные и деаэрационно-питательные установки АС. Схемы конденсато-очистки.		семинарских занятий). Методические рекомендации
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, 8 семестр			
	Турбинные установки. Внутренняя и промежуточная сепарация. Главный реакторный контур и его вспомогательные системы. Конденсационные и деаэрационно-питательные установки АС. Схемы конденсатоочистки. Техническое водоснабжение. Расчет тепловых схем АС.	З-ПК-3.1; У-ПК-3.1; В-ПК-3.1 З-ПК-3.2; У-ПК-3.2; В-ПК-3.2	Контроль выполнения курсового проекта на 8 неделе.
Промежуточная аттестация, 8 семестр			
	Зачет с оценкой	З-ПК-3.1; У-ПК-3.1; В-ПК-3.1 З-ПК-3.2; У-ПК-3.2; В-ПК-3.2	Расчетно-графическая работа (курсовой проект). Публичная защита. Примеры вариантов задания, методические рекомендации.

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**
Текущая аттестация	1-16	36 - 60% от максимума	60
7 семестр			
Контрольная точка № 1	7-8	18 (60% от 30)	30
<i>Контрольная работа</i>	8	18	30
Контрольная точка № 2	15-16	18 (60% от 30)	30
<i>Контроль семинарских занятий</i>	15	18	30
Промежуточная аттестация	-	24 – (60% 40)	40
<i>Экзамен</i>	-	24	40
ИТОГО		60	100

8 семестр			
Промежуточный контроль выполнения КП	8	18	30
Защита КП	16	42	70
ИТОГО		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

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоения учебной дисциплины
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 твёрдо 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»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не
60-64			

			усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
0-59	<i>2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»</i>	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. С.А. Андрушечко, А.М. Афров, ... В.Ф. Украинцев. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта. М. Логос. 2010, 604 с.
2. Канальный ядерный энергетический реактор РБМК. Под общей редакцией Ю.М. Черкашова, М. ГУП НИКИЭТ, 2006
3. Зорин В.М. Атомные электростанции. Учебное пособие для студентов вузов. М. МИЭ, 2012 г. 672с.
4. Дмитриев С.М. и др. Основное оборудование АЭС с корпусными реакторами на тепловых нейтронах. М. Машиностроение. 2013 г., 415 с.
5. Тевлин С.А. Атомные электрические станции с реакторами ВВЭР-1000. Учебное пособие. М. МЭИ, 2008, 358с.,

б) дополнительная учебная литература:

1. Маргулова Т.Х. Атомные электрические станции. М. ИЗДАТ, 1994 г.
2. 4 Маргулова Т.Х. Атомные электрические станции. М. Высшая школа. 1984 г., 304 с.

3. Ядерные энергетические установки. Ганчев Б.Г. и др. под общей ред. акад. Н.А. Доллежала. Учебное пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1983г., 1990 г.
4. Нигматулин И. Н., Нигматулин Б. И. Ядерные энергетические установки. М. Энергоатомиздат, 1986, 168с.
5. Будов В.М., Фарафонов В.А. Конструирование основного оборудования АЭС. М. Энергоатомиздат, 1985, 264с.
6. Митенков Ф.М., Новинский Э.Г., Будов В.М. Главные циркуляционные насосы АЭС. М. Энергоатомиздат, 1984, 320с
7. Монахов А.С. Атомные электрические станции и их технологическое оборудование. М. Энергоатомиздат, 1986, 234с.
8. Паротурбинные установки АЭС. Под ред. Косяка М.Ф. М. Энергия, 1978

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

Не требуется

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Курс «Атомные электрические станции» рассчитан на два семестра – 7, 8. В 7 семестре учебным планом предусмотрены лекционные занятия, семинарские занятия, промежуточная форма контроля – экзамен. Курсовой проект предусмотрен в 8 семестре с контролем – зачет с оценкой.

При подготовке к лекционным занятиям студентам следует использовать материалы презентаций, которые должны выдаваться преподавателем на первой неделе текущего семестра. Кроме этого, указана литература, которую могут использовать студенты при подготовке к лекционным аудиторным занятиям. Для более эффективного использования времени, отведенного на лекционные занятия, целесообразно подготовить также конспект лекций. Он может быть как в распечатанном виде, так и в электронной форме. Электронная форма предпочтительнее, т.к. позволяет оперативно вносить изменения в соответствии с новыми материалами, появляющимися у преподавателя.

Дополнительно на кафедре имеется специализированный класс с макетами основного технологического оборудования и технологическими схемами основных систем, а также тренажерный класс с функционально-аналитическими тренажерами блоков с реакторами типа ВВЭР-1000, РБМК-1000 и БН-800. Эти тренажеры, макеты и схемы являются дополнительным учебным материалом для освоения курса «Атомные электрические станции».

Для контроля освоения лекционного курса предусмотрен текущий контроль в виде контрольной работы в 7 семестре.

Семинарские занятия призваны закрепить и дополнить материал лекционного

курса. С темами семинаров целесообразно ознакомить студентов 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 АЭС.

Общие методические рекомендации.

1. Студент должен отчетливо представлять, что курс «Атомные электростанции» базируется на знаниях, ранее полученных в курсах Техническая термодинамика, Механика жидкости и газа, Тепломассообмен в энергетическом оборудовании, Физика ядерных реакторов, Ядерные энергетические реакторы, Парогенераторы и теплообменники АЭС.

2. При подготовке к семинарским занятиям студенты должны повторить материалы из соответствующих разделов дисциплин, указанных выше, а также материалы предыдущих разделов курса АЭС.

3. При выполнении заданий на семинарских занятиях рекомендуется 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 8 семестре. Целью курсового проекта является закрепление и углубление материала лекционной части курса АЭС, подготовка к выполнению дипломного проекта.

Корректировка данных на курсовое проектирование проводится индивидуально преподавателем-консультантом при выдаче задания на курсовое проектирование и в процессе консультаций по проекту.

Пример вариантов задания на курсовое проектирование

Разработать проект АЭС с энергоблоком электрической мощностью N_e , МВт (тепловой мощностью реактора N_T , МВт). Паропроизводительная установка – двухконтурная с водо-водяным реактором под давлением (одноконтурная с водо-графитовым реактором типа РБМК, трехконтурная с реактором на быстрых нейтронах). В рабочем цикле предусмотрен промежуточный перегрев пара (высокотемпературный перегрев пара).

Энергоблок с реактором типа ВВЭР.

Параметры первого контура:

- | | |
|--|---------------|
| - давление в первом контуре | P_1 , МПа |
| - температура теплоносителя на входе в активную зону | $T_{вх}$, °С |
| - температура теплоносителя на выходе из активной зоны (подогрев | |

по активной зоне)

$T_{\text{ВЫХ}}, (\Delta T_{\text{аз}}), ^\circ\text{C}$

Параметры рабочего контура:

- давление острого пара $P_2, \text{МПа}$
- температура питательной воды $T_{\text{п.в.}}, ^\circ\text{C}$
- температура промежуточного перегрева $T_{\text{пп}}, ^\circ\text{C}$
- перепад давления в СПП $\Delta P_{\text{СПП}}, \text{МПа}$
- давление в деаэраторе $P_{\text{д}}, \text{МПа}$
- давление в конденсаторе $P_{\text{к}}, \text{МПа}$
- мощность теплофикационной установки $N_{\text{ТФУ}}, \text{ГДж/час}$
- температурный график сетевой воды $t_{\text{вх}}/t_{\text{вых}}, ^\circ\text{C}$

Энергоблок с реактором типа РБМК:

- давление пара перед турбиной $P_0, \text{МПа};$
- температура питательной воды $t_{\text{п.в.}}, ^\circ\text{C};$
- температура промперегрева $t_{\text{п.п.}}, ^\circ\text{C};$
- перепад давления в промперегревателе $\Delta P, \text{МПа};$
- давление в деаэраторе $P_{\text{д}}, \text{МПа};$
- давление в конденсаторе $P_{\text{к}}, \text{МПа};$
- мощность теплофикационной установки $Q_{\text{тфу}}, \text{ГДж/час};$
- температурный график сетевой воды $t_{\text{вх}}/t_{\text{вых}}, ^\circ\text{C}.$

Значение параметров в исходных данных приводятся в таблицах вариантов задания, выбираются самостоятельно или по рекомендации консультанта-преподавателя.

Особенности тепловой схемы конкретного варианта согласуются с консультантом-преподавателем индивидуально. Корректировка вариантов заданий на курсовое проектирование проводится ежегодно.

Примеры вариантов задания на курсовое проектирование представлены ниже.

Энергоблок с реактором типа ВВЭР.

Вариант	1	2	3	4	5
P_0	6.3	6.0	5.5	5.8	6.5
$t_{\text{п.в.}}$	230	235	230	235	230
$t_{\text{п.п.}}$	$t_s^{\text{гп}} - 20$	$t_s^{\text{гп}} - 15$	$t_s^{\text{гп}} - 20$	$t_s^{\text{гп}} - 30$	$t_s^{\text{гп}} - 25$

ΔP	задается отдельно	задается отдельно	задается отдельно	задается отдельно	задается отдельно
P_d	выбирает ся самостоя т.	выбираетс я самостоят.	выбирает ся самостоя т	выбирает ся самостоя т	выбирает ся самостоят
P_k	задается отдельно	задается отдельно	задается отдельно	задается отдельно	задается отдельно
N_{Σ}	1000	500	600	1000	1000
N_T	Может быть задано как альтернатива N_{Σ}				
$Q_{тфу,}$	50	60	70	80	90
$t_{вх}/t_{вых}$	70/120	70/130	65/120	65/125	70/140

Энергоблок с реактором типа РБМК

Вариан т	6	7	8	9	10
P_0	7.0	6.8	6.5	7.0	6.5
$t_{п.в.}$	160	167	178	188	160
$t_{п.п.}$	$t_s^{гр} - 20$	$t_s^{гр} - 15$	$t_s^{гр} - 20$	$t_s^{гр} - 30$	$t_s^{гр} - 25$
ΔP	задается отдельно	задается отдельно	задается отдельно	задается отдельно	задается отдельно
P_d	выбирает ся самостоя т.	выбирает ся самостоя т.	выбирает ся самостоя т	выбираетс я самостоят	выбирает ся самостоя т
P_k	задается отдельно	задается отдельно	задается отдельно	задается отдельно	задается отдельно
N_{Σ}	1000	500	800	1200	1000
N_T	Может быть задано как альтернатива N_{Σ}				
$Q_{тфу,}$	90	100	80	70	50
$t_{вх}/t_{вых}$	90/140	85/145	90/150	85/155	90/160

А. Расчетно-пояснительная записка и графическая часть.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

1. Титульный лист.
2. Задание на курсовой проект.
3. Введение, в котором дается краткое описание состояния и перспективы развития данного типа АЭС.
4. Описание принятой тепловой схемы.
5. Порядок расчета тепловой схемы.
6. Обоснование применяемых величин (расходы пара на эжекторы, уплотнения, отопительная установка, утечка пара и воды и т.д.)
7. Расчетную часть по определению основных потоков пара и воды в элементах тепловой схемы, а также основные показатели тепловой экономичности машзала (турбоустановки) и АЭС в целом.

8. Иллюстрация: расчетная схема АЭС, h-s диаграмма процесса расширения пара в турбине

9. Таблицу, куда сводятся все данные по параметрам отдельных потоков пара и воды тепловой схемы

10. Небольшое заключение, в котором обсуждаются достоинства и недостатки рассмотренного проекта

11. Список используемой литературы при выполнении проекта (ссылки на литературу должны быть в тексте).

Графическая часть проекта выполняется в виде презентации в электронной форме с соблюдением необходимых требований, предъявляемых к чертежам и схемам. Графическая часть курсового проекта включает: развернутую тепловую схему, которая должна давать полное представление о технологическом процессе на АЭС с указанием основного оборудования; реактор и его вспомогательные системы, парогенератор, турбина с системой регенерации, очистные установки питательной воды, конденсатно-питательная система, дренажные насосы и т. д.

Б. Общие методические указания по выполнению курсового проекта.

2.1. Перед началом проектирования необходимо ознакомиться с проектами существующих и проектируемых АЭС данного типа, оценить их достоинства и недостатки

2.2. На основании индивидуального задания, а также с учетом типа реактора, принятого типа парогенератора необходимо составить расчетную схему турбоустановки и АЭС и согласовать её с преподавателем - консультантом. Схема турбоустановки выбирается в соответствии с теоретическими соображениями по выбору параметров отборов и разбивки подогрева питательной воды по ступеням. В проекте может быть принята и стандартная тепловая схема турбоустановки, но она должна быть обоснована. При разработке тепловой схемы необходимо обратить внимание на вопросы надежности и безопасности работы АЭС, уменьшение капитальных затрат.

2.3. Строится процесс расширения пара в турбине в h-s диаграмме, где наносятся основные параметры отборов, которые сводятся в таблицу. При необходимости внутренние относительные КПД отсеков турбины оцениваются.

2.4. Определяются расходы пара и воды на отдельные элементы расчетной схемы в следующей последовательности:

а) рассчитываются внешние потребители тепла (обычно тепловая мощность бойлерной установки принимается из общих соображений или задается преподавателем-консультантом);

б) определяются потери рабочего тела и расход добавочной воды;

в) определяются расходы пара протечек и уплотнений турбины (этими величинами или задаются, или принимают на основе заводского расчета турбины);

г) определяются необходимые напоры насосов питательного и конденсатного трактов;

д) при определении параметров отборного пара на подогреватели

регенеративной системы необходимо учитывать гидравлические потери в паропроводах от турбины до подогревателя;

е) при расчете регенеративных подогревателей поверхностного типа необходимо задаться перепадом температур между греющей и подогреваемой средами;

ж) для элементов схемы составляются уравнения материальных и тепловых балансов, и решается система уравнений;

з) составляется энергетический баланс турбины и определяется расход пара на турбоустановку и ее элементы;

и) определяется расход электроэнергии на собственные нужды машзала;

к) определяются основные показатели тепловой экономичности турбоустановки (КПД брутто, нетто и удельный расход тепла).

При расчете для всех размерных величин единицы размерности принимаются в стандартной системе единиц (СИ).

2.5. По рассчитанным величинам расхода пара и воды на элементы тепловой схемы, а также с учетом давления в конденсатно-питательном тракте осуществляется подбор основного тепломеханического оборудования, т.е. ПНД, ПВД, деаэратор, насосы питательные, конденсатные и др.

2.6. Оцениваются потери тепла в реакторной установке, трубопроводах первого и второго контуров, парогенераторе и т.д. Определяются показатели тепловой экономичности энергоблока.

2.7. Результаты расчетов вместе с таблицами, графиками и схемами оформляются в виде расчетно-пояснительной записки. Расчетно-пояснительная записка предоставляется консультанту для проверки. После положительного заключения консультанта студент допускается до защиты проекта.

Методические указания к проведению семинарских занятий.

Семинарские занятия призваны закрепить и дополнить материал лекционного курса. С темами семинаров целесообразно ознакомить студентов 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 АЭС.

Общие методические рекомендации.

Студент должен отчетливо представлять, что курс «Атомные электростанции» базируется на знаниях, ранее полученных в курсах Техническая термодинамика, Механика жидкости и газа, Тепломассообмен в энергетическом оборудовании, Физика ядерных реакторов, Ядерные энергетические реакторы, Парогенераторы и теплообменники АЭС.

При подготовке к семинарским занятиям студенты должны повторить материалы из соответствующих разделов дисциплин, указанных выше, а также материалы предыдущих разделов курса АЭС.

При выполнении заданий на семинарских занятиях рекомендуется использовать справочные материалы.

Задания, выданные на семинарских занятиях, необходимо выполнять в полном объеме, с необходимыми пояснениями.

Полученные результаты нужно проанализировать и при необходимости провести их обсуждение.

Семинарские занятия целесообразно начинать с обсуждения темы занятия. При этом необходимо сформулировать цель и задачи данного занятия. Провести опрос студентов по теоретической части, связанной с рассматриваемой задачей. Рассмотрим пример.

Задание.

Оцените изменение расхода пара на турбоустановку энергоблока с реактором ВВЭР-1000 при уменьшении степени регенерации на 29%. Тепловая мощность не меняется.

Принять: давление в деаэраторе $P_d = 0,7 \text{ МПа} = \text{const}$, давление в ПГ $P_0 = 6,5 \text{ МПа} = \text{const}$, давление в конденсаторе $P_k = 0,004 \text{ МПа} = \text{const}$, температура конденсата после конденсатора $t_k = 30^\circ\text{C}$ продувка ПГ $p = 0,01$, температура питательной воды в номинальном режиме $T_{пв} = 230^\circ\text{C}$, температура острого пара $t_0 = 280^\circ\text{C}$.

Перед тем, как приступить к выполнению данного задания, рекомендуется рассмотреть (вместе со студентами группы) следующие вопросы.

- 1). Что такое регенеративный подогрев? Для чего он используется? Как осуществляется технически регенеративный подогрев?
- 2). Что такое степень регенерации? Что такое энергетический коэффициент? Оптимальные параметры регенеративного подогрева при произвольном числе регенеративных подогревателей в схеме.
- 3). Состав системы регенеративного подогрева блока с реактором ВВЭР-1000. Температура питательной воды в номинальном режиме работы турбоустановки.
- 4) Что такое продувка парогенератора? Для чего она используется?
- 5) Влияние начального давления рабочего тела на термический к.п.д. цикла. От чего еще зависит термический к.п.д. цикла?

После этого рассматривается тепловая схема турбоустановки, рассчитывается степень регенерации в номинальном режиме работы блока. Далее рассматривается режим с уменьшением степени регенерации по условию задания. Оцениваются новые характеристики регенеративного подогрева. После этого следует проанализировать, какой реальной ситуации может соответствовать рассматриваемое снижение степени регенерации.

Далее рассматриваем, как и на что повлияет рассматриваемое снижение степени регенерации. Определяется новый расход пара на турбоустановку при

заданных в условии параметрах. После определения нового расхода необходимо проанализировать изменение мощности турбоустановки, связанное с изменением паропроизводительности.

Проанализировать полученные результаты. Ответить на вопросы. Подвести итог занятия. Обсудить тему следующего семинарского занятия.

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 смешенном 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

- Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель «WindowsMediaPlayer»).
- Программы для демонстрации и создания презентаций («MicrosoftPowerPoint»).

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/>;
- 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.py/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 контрольной работе

1. Ядерные энергетические установки (ЯЭУ). Типы ЯЭУ. Требования, предъявляемые к основному оборудованию ЯЭУ разных типов.
2. Какие типы теплоносителей используются в ЯЭУ? Основные характеристики водного теплоносителя.
3. Основные требования, предъявляемые к теплоносителям ЯЭУ. Основные характеристики газовых теплоносителей.
4. Что такое термический к.п.д. цикла? В каких случаях можно записать его выражение через начальную и конечную температуры цикла? Какие параметры влияют на величину к.п.д. цикла?
5. Что такое регенерация теплоты в рабочих циклах? Как она осуществляется технически?
6. До какой температуры можно нагреть питательную воду за счет регенеративного подогрева? Как выбирают ее оптимальную величину?
7. Что такое степень регенерации? Что такое энергетический коэффициент? Приведите необходимые пояснения.
8. Запишите выражение термического к.п.д. цикла с регенерацией через термический к.п.д. цикла без регенерации. Условие повышения термического к.п.д. цикла с регенерацией. Дайте необходимые пояснения.
9. Выбор и обоснование начальных параметров рабочего цикла для ЯЭУ с реактором типа РБМК.

10. Выбор и обоснование начальных параметров рабочего цикла для ЯЭУ с реактором типа ВВЭР.
11. Выбор и обоснование начальных параметров рабочего цикла для ЯЭУ с реактором БН-600.
12. Выбор конечных параметров рабочих циклов. Дать необходимые комментарии и пояснения.
13. Показатели тепловой экономичности: коэффициенты полезного действия, удельные расходы теплоты и пара.
14. Графики электрических и тепловых нагрузок. Коэффициенты наполнения графиков.
15. Графики электрических нагрузок. Энергосистемы. Место АЭС в покрытии графиков электрических нагрузок.
16. Обоснование необходимости использования регенеративного подогрева в циклах ЯЭУ.
17. Оптимальные параметры регенеративного подогрева при произвольном числе регенеративных подогревателей в технологической схеме ЯЭУ.
18. Особенности водно-химического режима 1 контура ВВЭР.

Контрольная работа предполагает рассмотрение одного/двух вопросов по контролируемым темам и представляется, как правило, в письменной форме.

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Выбор и обоснование начальных и конечных параметров рабочего цикла для АЭС с разными типами реакторов.
2. Обоснование необходимости использования регенеративного подогрева в схемах АЭС. Влияние степени регенерации и числа регенеративных подогревателей на к.п.д. цикла с регенерацией.
3. Оптимальное число регенеративных подогревателей в схемах ЯЭУ. Оптимальные параметры регенеративного подогрева при произвольном числе подогревателей в тепловой схеме.
4. Реакторная установка ВВЭР-1000. Состав, основные технические характеристики.
- 5 Система компенсации давления блока с реактором типа ВВЭР-1000; назначение, состав, принцип работы.
- 6 Система подпитки-продувки блока ВВЭР-1000; назначение, состав, принцип работы.
- 7 Система аварийного охлаждения активной зоны ВВЭР-1000 – пассивная часть. Назначение, состав, принцип работы.
- 8 Система аварийного и планового расхолаживания ВВЭР-1000. Назначение, состав, принцип работы.
- 9 Система аварийного ввода бора ВВЭР-1000. Назначение, состав, принцип работы.
- 10 Спринклерная система ВВЭР-1000. Назначение, состав, принцип работы.
- 11 Система аварийной питательной воды парогенераторов блока ВВЭР-1000. Назначение, состав, принцип работы.

- 12 Система продувки и дренажей парогенератора ВВЭР-1000. Назначение, состав, принцип работы.
- 13 Паропроводы острого пара двухконтурной ЯЭУ и защита ПГ и второго контура от превышения давления.
- 14 Реакторная установка РБМК-1000. Состав, основные технические характеристики. Схема КМПЦ.
- 15 Схема металлоконструкций реактора типа РБМК-1000.
- 16 Газовый контур РБМК-1000. Назначение, состав, принцип работы.
- 17 Система продувки и расхолаживания РБМК-1000. Назначение, состав, принцип работы.
- 18 Система аварийного охлаждения реактора РБМК-1000. Назначение, состав, принцип работы.
- 19 Система локализации аварий РБМК-1000. Назначение, состав, принцип работы.
- 20 Конденсационная установка. Назначение, состав и принципиальная схема.
- 21 Необходимость отсоса неконденсирующихся газов из конденсатора.
- 22 Схема включения основных эжекторов.
- 23 Система технического водоснабжения. Типы систем технического водоснабжения. Основные потребители технической воды.
- 24 Влияние температуры охлаждающей воды и кратности охлаждения на давление в конденсаторе.
- 25 Включение конденсатных насосов и БОУ в схему ЯЭУ.
- 26 Система основного конденсата. Схемы слива конденсата греющего пара, их сравнение между собой.
- 27 Деаэратор, назначение, типы деаэраторов, принцип термической деаэрации. Схема обвязки деаэрата.
- 28 Система питательной воды.
- 29 Испарители в схемах АЭС.
- 30 Вентиляционные установки. Основы проектирования вентиляции.
- 31 Теплофикационная установка АЭС.
- 32 Обращение с твердыми радиоактивными отходами на АЭС.
- 33 Обращение с жидкими радиоактивными отходами на АЭС.
- 34 Обращение с газообразными радиоактивными отходами на АЭС.

Типовые задачи для рассмотрения на семинарских/практических занятиях.

Задача №1.

В результате изменения условий эксплуатации реактора типа ВВЭР-1000 средняя температура теплоносителя на выходе из реактора уменьшилась на 5°C при неизменной тепловой мощности. Как изменится термический К.П.Д. цикла, если:

- а) расход теплоносителя не изменился;
- б) расход теплоносителя увеличился в 1,5 раза.

Принять, что в исходном состоянии средний подогрев теплоносителя по а.з. составлял 30°C .

Задача №2.

Оцените изменение расхода пара на турбоустановку энергоблока с реактором ВВЭР-1000 при уменьшении степени регенерации на 29%. Тепловая мощность не меняется.

Принять: давление в деаэраторе $P_d = 0,7 \text{ МПа} = \text{const}$, давление в ПГ $P_0 = 6,5 \text{ МПа} = \text{const}$, давление в конденсаторе $P_k = 0,004 \text{ МПа} = \text{const}$, температура конденсата после конденсатора $t_k = 30^{\circ}\text{C}$ продувка ПГ $p = 0,01$, температура питательной воды в номинальном режиме $T_{пв} = 230^{\circ}\text{C}$, температура острого пара $t_0 = 280^{\circ}\text{C}$.

Задача №3.

Оценить качественно изменение паропроизводительности энергоблока с реактором типа РБМК-1000 при изменении давления в барабан-сепараторах

$$\frac{D}{D_0} = f(P_{BC}).$$

Принять постоянными: расход циркуляции D_u в контуре многократной принудительной циркуляции (КМПЦ), относительный расход продувки КМПЦ в системе продувки и расхолаживания (СПИР) $p = \frac{D_{СПИР}}{D}$, Тепловую мощность реактора Q_m . Считать также постоянными энтальпии питательной воды $h_{пв}$ и возвращаемой в КМПЦ воды продувки $h_{пр}$. Считать любой рассматриваемый режим с измененным давлением стационарным.

Задача №4.

Оцените изменение температуры воды во всасывающем коллекторе ГЦН контура МПЦ АЭС с реактором типа РБМК, а также давления в основном конденсаторе турбоустановки:

- а) при скачкообразном изменении влажности окружающего воздуха от 60% до 80%. Относительный предел испарительного охлаждения воды считать равным 7°C . Считать справедливой зависимость температуры смоченного термометра от влажности воздуха φ :

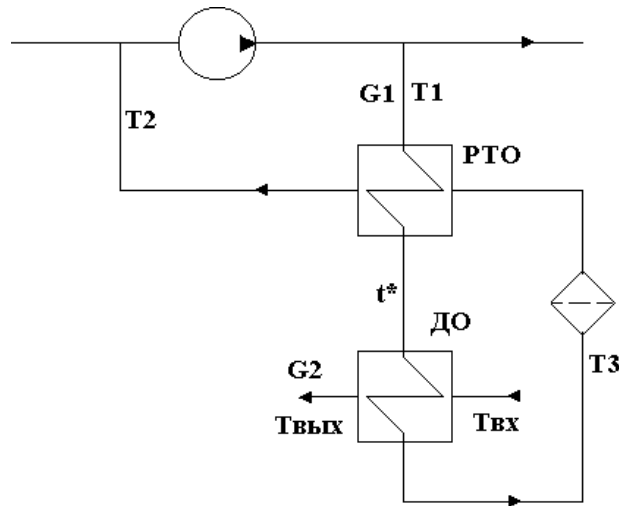
$$t_{см} = t_{возд} - \frac{100 - \varphi}{240} (t_{возд} + 10), ^{\circ}\text{C}$$

Принять температуру окружающего воздуха $t_{\text{возд}} = 15^\circ\text{C}$.

б) при повышении давления в деаэраторе на $0,1 \text{ МПа}$. Считать, что автоматика АСУ ТП перерегулировку параметров не производит.

Принять: Исходное давление в деаэраторе равно $0,7 \text{ МПа}$, среднее паросодержание на выходе ТК равно $14,5\%$.

Задача №5.



Для изображенной схемы байпасной очистки теплоносителя найти в общем случае значение температуры T_2 , а также отношение расходов G_1/G_2 , считая заданными величины G_1 , t_1 , t_3 . Принять, что площади теплообмена РТО и ДО отличаются в « m » раз $\left(\frac{F_{\text{РТО}}}{F_{\text{ДО}}} = m \right)$; осредненные коэффициенты теплопередачи при противоточном движении теплоносителя в этих теплообменниках равны между собой: $k_{\text{РТО}} = k_{\text{ДО}}$, а температурные напоры в доохладителе ДО равны:

— на входе по охлаждающей воде 20°C ;

— на выходе 30°C .

Задача №6.

Определить качественно потерю $\Delta N_{\text{эл}}$ выработки электроэнергии на АЭС при отключении одного циркуляционного насоса (ЦН) технической воды, идущей на охлаждение конденсаторов турбин. Считать, что на конденсаторы каждой турбины работает по 2 ЦН; всего турбин на АЭС – n шт.

Рассмотреть варианты:

- перераспределение расходов тех. воды по конденсаторам не производится;
- производится перераспределение тех. воды с обеспечением одинаковых ее расходов по всем конденсаторам АЭС.

Рассчитать количественно отношение $\frac{\Delta N_{\text{эл}}^{(a)}}{\Delta N_{\text{эл}}^{(б)}}$ для $n=2$; $n=4$; $n=6$. Считать потерю расхода на блоке из 2-х ЦН при останове одного насоса 50% . Расход пара на турбину считать постоянным.

Задача №7.

Оцените изменение термического КПД цикла на АЭС с реактором типа ВВЭР-1000 при переходе к активной зоне без гидравлического профилирования (при прочих равных условиях, в частности при сохранении запаса Δt_z до кипения во всех кассетах и общего расхода теплоносителя па а.з.). Гидравлическое профилирование осуществляется по критерию одинакового подогрева во всех кассетах активной зоны. Необходимые параметры взять как для серийного блока В-320.

Задача №8.

Оцените изменение термического КПД цикла на АЭС с реактором типа ВВЭР-1000 в предположении затрат на собственные нужды энергоблока при замене циркониевых оболочек ТВЭлов $\lambda_{zr} = 20,5 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$, на оболочки с $\lambda = 10 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$ (при прочих равных условиях и сохранении критичности зоны). Считать при этом, что лимитирующим мощность реактора параметром является температура топлива. Температуру внутренней поверхности циркониевой оболочки на уровне середины активной зоны принять равной $t_1 = 370^\circ\text{C}$, коэффициент теплоотдачи равен $2 \cdot 10^4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, Температура теплоносителя на входе в а.з. 290°C .

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
РЩУ – 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
ТВЭЛ – тепловыделяющий элемент
ТГ – турбогенератор
ТПН – турбопитательный насос
ТРО – твердые радиоактивные отходы
ТЭН – трубчатый электронагреватель
УТП – учебно-тренировочное подразделение
УТЦ – учебно-тренировочный центр
ЭБ – энергоблок
ЯР – ядерный реактор
ЯЭР – ядерный энергетический реактор
ЯЭУ – ядерная энергетическая установка

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 межкультурного 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) (и):

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

Рецензент (ы):

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