

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

Измерительные системы АЭС

(Наименование дисциплины)

для студентов направления подготовки

14.03.01 – Ядерная энергетика и теплофизика

Шифр, название специальности/направления подготовки

Эксплуатация АЭС

Форма обучения: очная

Обнинск, 2023 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины:

- подготовка специалистов к выполнению нейтронно- физических измерений на энергетических реакторах;
- изучение систем оперативного контроля ядерных энергетических реакторов различного типа.

Задачи изучения дисциплины:

- подготовить студентов к самостоятельной работе на атомных электростанциях.
- подготовка специалистов к выполнению анализа состояния оборудования в процессе эксплуатации АЭС.

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

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Интеллектуальное воспитание	формирование культуры умственного труда (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	Использование воспитательного потенциала дисциплин

	профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	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	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

	инженерного мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B23)	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,	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»,

	направленных на улучшение труда и жизни человека (B25); - формирование ответственной позиции по применению ядерных технологий в свете сохранения окружающей среды для будущих поколений (B26)	«Ядерные технологии», «Радиационная гигиена», «Атомное право», «Радиационная и экологическая безопасность объектов ЯТЦ» для формирование 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**

№	Раздел учебной дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, (в часах)				Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Максимальный балл за раздел *
			Лекции	Семинары / практические	Лабораторные работы	Самостоятельн ая работа			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7 семестр									
1	Введение.	1	2	-	-	-			
2	Метрологическое обеспечение и контроль ЯЭУ.	2-4	6	-	-	6			
3	Измерение ядерно- физических параметров реакторов.	5-8	8	-	-	10		9 (контрольная работа)	30
4	Температурные измерения.	9- 11	6	-	-	6			
5	Измерение давления.	12- 13	4	-	-	4			
6	Измерение расхода.	14- 16	6	-	-	6		17 (контрольная работа)	30
7	Измерение уровня.	17	2			2			
	Зачет								40
	Итого за <u>7</u> семестр								100

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	Введение.	2				
2-4	2. Метрологическое обеспечение и контроль ЯЭУ.	6				6
5-8	Измерение ядерно-физических параметров реакторов.	8				10
9-11	4. Температурные измерения.	6				6
12-13	5. Измерение давления	4				4
14-16	6. Измерение расхода.	6				6
17	7. Измерение уровня.	2				2
	Итого за 7 семестр:	34				34

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)

Неделя	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1-16		7 семестр
1	Тема 1. Введение.	Содержание программы. Литература.
2-4	2. Метрологическое обеспечение и контроль ЯЭУ.	Наиболее важные определения. Классификация погрешностей. Способы уменьшения погрешностей. Динамические погрешности измерений. Оценка погрешности результата измерений.

		Надежность приборов и ее составляющие.
5-8	3. Измерение ядерно-физических параметров реакторов.	Особенности ЯЭУ как объекта контроля и управления. Измерение мощности реактора. Режимы работы реактора и диапазоны измерения мощности реактора ядерно-физическим методом. Классификация подсистем контроля. Ионизационные камеры. Принцип работы ионизационной камеры. Импульсный и токовый режимы работы камеры. Схема включения компенсированной ионизационной камеры. Характеристики камер, используемых на АЭС с ВВЭР и РБМК. Контроль распределения энерговыделения по объему активной зоны. Малогабаритные камеры деления. Конструкция. Характеристики. Эмиссионные детекторы нейтронов. Конструкция детекторов прямого заряда (ДПЗ). Классификация ДПЗ по быстродействию. Материалы эмиттера. Характеристики ДПЗ, используемых в ядерных реакторах различного типа. Система внутриреакторного контроля ВВЭР 1000 (СВРК). Конструкция канала нейтронных измерений (КНИ) системы СВРК. Определение коэффициента чувствительности ДПЗ, влияние параметров активной зоны на показания детектора. Погрешность измерения распределения энерговыделения в активной зоне ВВЭР с помощью ДПЗ. Проверка работоспособности КНИ. Система физического контроля энерговыделения по радиусу (СФКЭР) и по высоте реактора (СФКЭВ) РБМК. Конструкция детекторов контроля энерговыделения по радиусу и по высоте активной зоны. Градуировка детекторов. Определение погрешности измерения градуировочных характеристик детекторов.
9-11	4. Температурные измерения.	Термоэлектрические термометры. Основные законы термоэлектрической цепи. Градуировка термопар. Схемы подключения термопар к измерительным приборам. Измерение термо-ЭДС. Конструкция и установка термоэлектрических преобразователей. Система температурного контроля активной зоны ВВЭР 1000. Учет

		систематической погрешности измерений температур на выходе из ТВС. Влияние «пзльного эффекта» на показания термопар. Термометры сопротивления. Чувствительность термопреобразователя сопротивления. Типы термометров сопротивления. Конструкция и требования. Измерения температуры термометрами сопротивления. Система температурного контроля активной зоны реактора РБМК. Контроль температуры графитовой кладки.
12-13	5. Измерение давления.	Классификация приборов. Жидкостные и деформационные манометры. Измерение давления на АЭС. Конструкция полупроводниковых преобразователей "Сапфир".
14-16	6. Измерение расхода.	Общие сведения об измерении расхода. Расходомеры переменного перепада давления. Измерение расхода. Расходомеры постоянного перепада давления. Расходомеры на основе метода динамического напора. Тахометрические расходомеры. Измерение расхода в технологических каналах РБМК. Электромагнитные расходомеры. Ядерно-физический метод определения расхода теплоносителя. Статистические методы определения расхода.
17	7. Измерение уровня.	Общие сведения об измерении уровня. Измерение уровня воды с помощью дифманометров. Емкостные уровнемеры.

6.3 Практические занятия.

Не предусмотрены.

6.4 Лабораторный практикум

Не предусмотрен.

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

Для самостоятельной работы студентам предлагаются не только репродуктивные (выполнение упражнений по образцу, пересказ учебного материала), но и информационно-добывающие (самостоятельная работа с учебными пособиями, аудио и видео материалами, с интернет-ресурсами), проблемно-поисковые (подготовка материалов для презентаций) и творчески-репродуктивные методы работы (подготовка к 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 2,3 предусмотрена контрольная работа на 9 неделе, по темам 4-7 на 9 неделе. Контрольная работа предполагает рассмотрение одного/двух вопросов по указанным темам и представляется, как правило, в письменной форме.

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
Текущая аттестация, 7 семестр			
1.	Наиболее важные определения. Классификация погрешностей. Способы уменьшения погрешностей. Динамические погрешности измерений. Оценка погрешности результата измерений. Надежность приборов и ее составляющие. Особенности ЯЭУ как объекта контроля и управления. Измерение мощности реактора. Режимы работы реактора и диапазоны измерения мощности реактора ядерно-физическим методом.	3-ПК-3.1; У-ПК-3.1; В-ПК-3.1	Контрольная работа 1 --- - 9 неделя (комплект вопросов).

	Классификация подсистем контроля. Ионизационные камеры. Принцип работы ионизационной камеры. Импульсный и токовый режимы работы камеры. Схема включения компенсированной ионизационной камеры. Характеристики камер, используемых на АЭС с ВВЭР и РБМК. Контроль распределения энерговыделения по объему активной зоны. Малогабаритные камеры деления. Конструкция. Характеристики. Эмиссионные детекторы нейтронов. Конструкция детекторов прямого заряда (ДПЗ). Классификация ДПЗ по быстродействию. Материалы эмиттера. Характеристики ДПЗ, используемых в ядерных реакторах различного типа. Система внутриреакторного контроля ВВЭР 1000 (СВРК). Конструкция канала нейтронных измерений (КНИ) системы СВРК. Определение коэффициента чувствительности ДПЗ, влияние параметров активной зоны на показания детектора. Погрешность измерения распределения энерговыделения в активной зоне ВВЭР с помощью ДПЗ. Проверка работоспособности КНИ. Система физического контроля энерговыделения по радиусу (СФКЭР) и по высоте реактора (СФКЭВ) РБМК. Конструкция детекторов контроля энерговыделения по радиусу и по высоте активной зоны. Градуировка детекторов. Определение погрешности измерения градуировочных характеристик детекторов.		
--	---	--	--

Промежуточная аттестация, 7 семестр			
	Зачет	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 зачету

9. Формы текущего контроля

На 9 неделе выполняется контрольная работа.

10. Самостоятельная работа

Предполагает подготовку студентов к контрольным работам и зачету.

11. Образовательные технологии

Осуществляется планомерная связь аудиторных занятий (лекций) с внеаудиторной работой студента. При чтении лекций используются технологические схемы АЭС и функциональные аналитические тренажеры.

12. Оценочные средства для текущего контроля

Проводится по оценке выполненных контрольных работ студента по каждой теме лекционного курса.

13. Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

8.1 Основная литература

1. Арнольдов М. Н. Основы метрологического обеспечения температурного контроля реакторных установок : учеб. пособие для студ. вузов / М. Н. Арнольдов, В. А. Каржавин, А. И. Трофимов. - М. : МЭИ, 2012. - 248 с. : ил.(50экз.)
2. Зорин В. М. Атомные электростанции : учеб. пособие для студ. вузов / В. М. Зорин. - М. : МЭИ, 2012. - 672 с. : ил.(50экз.)
3. Иванова Г. М. Теплотехнические измерения и приборы : учеб. для студ. вузов / Г. М. Иванова, Н. Д. Кузнецов, В. С. Чистяков. - 3-е изд., стер. - М. : МЭИ, 2007. - 460 с. : ил.(5экз.)
4. Слекеничс Я. В. Системы контроля, управления и защиты АЭС : учеб. пособие для слушателей ФПК / Я. В. Слекеничс. - Обнинск : ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2010. - 124 с. (30экз.)

14 Дополнительная литература.

1. Трофимов А.И. Приборы контроля ядерных энергетических установок. Уч.пособие. Обнинск, 1991 г.
2. Системы внутриреакторного контроля АЭС с реакторами ВВЭР. М.: Энергоатомиздат, 1987 г.
3. Дмитриев А.Б., Малышев Е.К. Нейтронные ионизационные камеры для реакторной техники. М.: Атомиздат, 1975 г.
4. Попов А.Ф. Теплотехнический контроль на атомных электростанциях. М.: Энергоатомиздат, 1986 г.

5. Сидоров В.И., Мищенко Г.П. Температурные измерения на АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1987 г.
6. Шальман М.П., Плютинский В.И. Контроль и управление на атомных электростанциях. М.: Энергия, 1979 г.
7. Ломакин С.С. Ядерно-физические методы диагностики и контроля активных зон реакторов АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1986 г.
8. Канальный ядерный энергетический реактор РБМК. Под общ. ред. Черкашева Ю.М. – М: «ГУП НИКИЭТ», 2006.
9. Овчинников Ф.Я., Семенов В.В. Эксплуатационные режимы водо-водяных энергетических реакторов. - М: Энергоатомиздат, 1988.

15. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тренажерный центр кафедры «Оборудование и эксплуатация ЯЭУ».

Функционально-аналитические тренажеры ВВЭР 1000, РБМК, БН- 800.

Учебная лаборатория «Реакторная физика, конструкция, управление и безопасная эксплуатация ЯЭУ». Функционально-аналитический тренажер.

16. Вопросы для зачета.

1. Метрологическое обеспечение и контроль ЯЭУ.

- 1.1. Дать определение чувствительности прибора.
- 1.2. Диапазон показаний и диапазон измерений прибора.
- 1.3. Классификация погрешностей по форме числового выражения.
- 1.4. Определение класса точности прибора. Определение максимальной погрешности прибора из класса точности.
- 1.5. Классификация погрешностей по закономерности проявления.
- 1.6. Динамическая погрешность измерения. Соотношение между временем импульса и постоянной времени измерительного прибора.
- 1.7. Формула для вычисления средней квадратичной погрешности опыта.
- 1.8. Связь между абсолютной погрешностью измерений и среднеквадратичной погрешностью при заданной доверительной вероятности α .
- 1.9. Характеристики надежности (безопасности) устройств.

2. Измерение ядерно-физических параметров.

- 2.1. Диапазоны контроля мощности ядерного реактора.
- 2.2. Принципиальная схема регулятора мощности реактора.
- 2.3. Принципиальная схема ИК.
- 2.4. Вольтамперная характеристика ИК. Физические процессы диапазонов.
- 2.5. Принципиальная схема компенсированных ИК.
- 2.6. Токовый и импульсный режимы работы камеры. Чем определяется.
- 2.7. Малогабаритные камеры деления. Конструкция.
- 2.8. Радиаторы ИК. Расшифруйте – КНК, КНТ.

3. Измерение распределения энерговыделения в активной зоне ядерного реактора.

- 3.1. Преимущества ДПЗ по отношению к МКД.
- 3.2. Конструкция ДПЗ.
- 3.3. Классификация ДПЗ по быстродействию. Формирование сигнала для каждого типа ДПЗ.
- 3.4. Критерии выбора материала эммитера.
- 3.5. Характеристики ДПЗ ВВЭР 1000. Быстродействие, выгорание материала эммитера. Погрешность определения энерговыделения.
- 3.6. Система контроля энерговыделения в ВВЭР 1000.
- 3.7. Восстановление поля энерговыделения в ВВЭР 1000. Коэффициент пропорциональности между током ДПЗ и линейным энерговыделением.
- 3.8. Конструкция канала нейтронных измерений ВВЭР 1000 (КНН).
- 3.9. Недостатки измерения энерговыделения с помощью ДПЗ.
- 3.10 Диагностика состояния системы контроля энерговыделения ВВЭР 1000.
- 3.11. Комптоновские детекторы контроля энерговыделения.
- 3.12. Система контроля энерговыделения по радиусу РБМК 1000.
- 3.13. Детекторы контроля энерговыделения по радиусу РБМК 1000.
- 3.14. Система контроля энерговыделения по высоте РБМК 1000. Комптоновские детекторы. Триакиальная гамма-камера.
- 3.15. Градуировка ДПЗ РБМК 1000 в процессе эксплуатации.

4. Температурные измерения.

- 4.1. Термоэлектрические термометры. Определение. Конструкция. Холодный и горячий спаи.
- 4.2. Закон однородной цепи.
- 4.3. Закон промежуточных металлов.
- 4.4. Закон последовательных или промежуточных температур.
- 4.5. Требования, предъявляемые к материалам термоэлектродов.
- 4.6. Схемы подключения термоэлектрических преобразователей к измерительным приборам.
- 4.7. Измерение термоЭДС.
- 4.8. ТХА. Погрешность измерения, срок службы, тепловая инерция.
- 4.9. Учет систематических погрешностей при измерении температур на выходе из ТВС активной зоны ВВЭР 1000.
- 4.10. Система температурного контроля активной зоны и 1-го контура ВВЭР 1000. Контроль за ее состоянием в процессе эксплуатации.
- 4.11. Зависимость электрического сопротивления чистых металлов от температуры.
- 4.12. Чувствительность термопреобразователя сопротивления.
- 4.13. Материалы, используемые для изготовления термопреобразователей сопротивления.
- 4.14. Типы термопреобразователей сопротивления.
- 4.15. Чем определяется градуировка ТС.
- 4.16. Инерционность ТС. Классификация.
- 4.17. Измерения температуры термометрами сопротивления. Принцип действия уравновешенного измерительного моста.

5. Измерение давления.

- 5.1. Полное давление движущейся среды. Статическое и динамическое давления.
- 5.2. Жидкостные манометры.
- 5.3. Деформационные манометры.
- 5.4. Принцип измерения давления с помощью «Сапфир 23 DU». Тензорезистор.
- 5.5. Принцип измерения перепада давления с помощью «Сапфир 23 ДД».

6. Измерение расхода.

- 6.1. Объемный, массовый расход. Соотношение между ними.
- 6.2. Принцип действия расходомера переменного давления.
- 6.3. Зависимость между расходом и перепадом давления на диафрагме.
- 6.4. Диапазон измерения расхода с использованием диафрагмы.
- 6.5. Принцип измерения расхода с помощью ротаметров.
- 6.6. Расходомеры на основе метода динамического напора (трубки Пито).
- 6.7. Принцип действия тахометрических расходомеров.
- 6.8. Принцип измерения расхода магнитоиндукционным расходомером.
- 6.9. Принцип измерения расхода магнитоэлектрическим расходомером.
- 6.10. Измерение расхода воды в технологических каналах РБМК.
- 6.11. Принцип измерения расхода электропроводных жидкостей.
- 6.12. Ядерно-физический метод определения расхода теплоносителя.
- 6.13. Принцип определения расхода теплоносителя статистическим методом.

Оценка **неудовлетворительно** ставится, если студент не смог продемонстрировать ключевые знания и навыки по данной дисциплине.

Оценка **удовлетворительно** ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, но не смог продемонстрировать углубленное знание средств измерения физических характеристик ЯЭР и конструктивных особенностей ЯЭР, что может выражаться в неуверенном ответе на вопросы преподавателя.

Оценка **хорошо** ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, продемонстрировал углубленное знание средств измерения физических характеристик ЯЭР и конструктивных особенностей ЯЭР, что может выражаться в уверенном ответе на вопросы преподавателя, но не смог в полной мере ответить на дополнительные вопросы.

Оценка **отлично** ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, продемонстрировал углубленное знание средств измерения физических характеристик понимание процессов в ЯЭР и конструктивных особенностей ЯЭР, дал исчерпывающие ответы на дополнительные вопросы.

17. Краткий терминологический словарь

АЗ – аварийная защита реактора

АкЗ-активная зона

АС – атомная станция

АСУТП – автоматизированная система управления технологическими процессами

АЭС – атомная электростанция

БС – барабан-сепаратор

БЩУ – блочный щит управления

ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор

ВКУ – внутрикорпусные устройства

ВХР – водно-химический режим

ГЦК – главный циркуляционный контур

ГЦН – главный циркуляционный насос

ГЦТ – главный циркуляционный трубопровод

ДГ – дизель-генератор

ДПЗ – детектор прямой зарядки

ЗРК – запорно-регулирующий клапан

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика

КД – компенсатор давления

КМПЦ – контур многократной принудительной циркуляции

МПА – максимальная проектная авария

НД – нормативная документация

ОПБ – общие положения обеспечения безопасности атомной станции

ОТВС – отработавшая тепловыделяющая сборка

ОЯТ – отработавшее ядерное топливо

ПВД – подогреватель высокого давления

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
СВРК – система внутриреакторного контроля
СУЗ – система управления и защиты реактора
СФКЭР- система физического контроля энерговыделения по радиусу АкЗ
СФКЭВ- система физического контроля энерговыделения по высоте АкЗ
ТВС – тепловыделяющая сборка
ТВЭГ – тепловыделяющий элемент с гадoliniем
ТВЭЛ – тепловыделяющий элемент
ТГ – турбогенератор
ТПН – турбопитательный насос
УТП – учебно-тренировочное подразделение
УТЦ – учебно-тренировочный центр
ЭБ – энергоблок
ЯР – ядерный реактор
ЯЭР – ядерный энергетический реактор
ЯЭУ – ядерная энергетическая установка

18. 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 дополни-тельной 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 уст-ной 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):

С.Т.Лескин, д.т.н., профессор отделения ЯФиТ

Рецензент (ы):

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