

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Направление подготовки [1] 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика  
(специальность)

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практических подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
3	3	108	16	32	0		60	0	30
Итого	3	108	16	32	0	0	60	0	

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина основана на подготовке студентов по ядерной физике, тепловым измерениям, термодинамике, гидродинамике и теплопередаче, основам безопасности жизнедеятельности и экономики, осуществляющей на предшествующих курсах.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями дисциплины является ознакомление студентов с основными принципами внутриреакторного контроля, датчиками контроля и системами контроля параметров ЯЭУ на действующих АЭС. Обучение студентов умениям применять полученные знания в производственной и научной деятельности, приобретение навыков работы с научной, справочной и электронной литературой, применению современных компьютерных технологий при подготовке курсовой работы.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для изучения дисциплины необходимо иметь базовое физико-математическое образование в объеме бакалавра, в том числе владеть необходимыми знаниями в области ядерной физики, материалов ядерных реакторов, технологии производства тепловой и электрической энергии на АЭС.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:	
<b>Задача профессиональной деятельности (ЗПД)</b>	<b>Объект или область знания</b>
исследования, разработки и технологии, направленные на регистрацию и обработку информации, разработку теории,	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы
	научно-исследовательский
	ПК-2.2 [1] - Способен использовать и развивать методы системной инженерии, электронного проектирования, анализа и синтеза
	3-ПК-2.2[1] - Знать методы системной инженерии и электронного проектирования; У-ПК-2.2[1] - Уметь использовать электронное

<p>создание и применение установок и систем в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, физики разделения изотопных и молекулярных смесей, физики быстропротекающих процессов, радиационной медицинской физики, радиационного материаловедения, исследования неравновесных физических процессов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, ядерно-физических установок, обеспечения ядерной и радиационной безопасности, безопасности ядерных материалов и физической защиты ядерных объектов, систем контроля и автоматизированного управления ядерно-физическими установками.</p>	<p>ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных</p>	<p>автоматических и автоматизированных систем контроля и управления на АЭС</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>проектирование для систем контроля и управления на АЭС; В-ПК-2.2[1] - Владеть методами анализа и синтеза автоматических и автоматизированных систем контроля и управления на АЭС</p>
--	---	---	---

	материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.		
исследования, разработки и технологии, направленные на регистрацию и обработку информации, разработку теории, создание и применение установок и систем в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, физики разделения изотопных и молекулярных смесей, физики быстропротекающих процессов, радиационной медицинской физики, радиационного материаловедения, исследования неравновесных физических процессов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, ядерно-физических установок, обеспечения ядерной и радиационной безопасности, безопасности ядерных материалов и физической защиты ядерных объектов, систем контроля и автоматизированного управления ядерно-физическими установками.	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного	ПК-2.3 [1] - Способен рассчитывать и измерять физические характеристики ядерных энергетических установок, проводить гидродинамические и тепловые расчеты в сложных системах  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-2.3[1] - Знать основные законы физических процессов протекающих в ядерных энергетических установках; У-ПК-2.3[1] - Уметь проводить гидродинамические и тепловые расчеты в сложных системах; В-ПК-2.3[1] - Владеть методами измерения физических характеристик ядерных энергетических установок

	сстояния вещества, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.		
исследования, разработки и технологии, направленные на регистрацию и обработку информации, разработку теории, создание и применение установок и систем в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, физики разделения изотопных и молекулярных смесей, физики быстропротекающих процессов, радиационной медицинской физики, радиационного материаловедения, исследования неравновесных физических процессов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, ядерно-физических установок,	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду,	ПК-8 [1] - способен владеть расчетно-теоретическими и экспериментальными методами исследования физических процессов, выполнять экспериментальные исследования и проводить обработку, анализ и обобщение полученных результатов  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-8[1] - знать типовые методики и номенклатуру выполнения измерений и расчетов процессов; ; У-ПК-8[1] - уметь обрабатывать результаты измерений и анализировать результаты расчетов;; В-ПК-8[1] - владеть методами исследования физических процессов

<p>обеспечения ядерной и радиационной безопасности, безопасности ядерных материалов и физической защиты ядерных объектов, систем контроля и автоматизированного управления ядерно-физическими установками.</p>	<p>радиационные технологии в медицине, математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.</p>		
<b>производственно-технологический</b>			
<p>исследования, разработки и технологии, направленные на регистрацию и обработку информации, разработку теории, создание и применение установок и систем в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, физики разделения изотопных и молекулярных смесей, физики быстропротекающих процессов, радиационной медицинской физики,</p>	<p>атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-</p>	<p>ПК-2.5 [1] - Способен разрабатывать и внедрять системы автоматики и управления технологическими процессами на АЭС</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>3-ПК-2.5[1] - Знать принципы автоматизированного управления технологическими процессами на АЭС;</p> <p>У-ПК-2.5[1] - Уметь внедрять системы автоматики и управления технологическими процессами на АЭС;</p> <p>В-ПК-2.5[1] - Владеть методами разработки систем автоматики и управления технологическими процессами на АЭС</p>

<p>радиационного материаловедения, исследования неравновесных физических процессов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, ядерно-физических установок, обеспечения ядерной и радиационной безопасности, безопасности ядерных материалов и физической защиты ядерных объектов, систем контроля и автоматизированного управления ядерно-физическими установками.</p>	<p>физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.</p>		
<p>исследования, разработки и технологии, направленные на регистрацию и обработку информации, разработку теории, создание и применение установок и систем в</p>	<p>атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения</p>	<p>ПК-2.6 [1] - Способен выбирать обоснованные критерии безопасной работы и оценивать риски при эксплуатации АЭС</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>З-ПК-2.6[1] - Знать методы вероятностного анализа безопасности АЭС;</p> <p>У-ПК-2.6[1] - Уметь выбирать обоснованные критерии безопасной работы АЭС;</p> <p>В-ПК-2.6[1] - Владеть</p>

<p>области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, физики разделения изотопных и молекулярных смесей, физики быстропротекающих процессов, радиационной медицинской физики, радиационного материаловедения, исследования неравновесных физических процессов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, ядерно-физических установок, обеспечения ядерной и радиационной безопасности, безопасности ядерных материалов и физической защиты ядерных объектов, систем контроля и автоматизированного управления ядерно-физическими установками.</p>	<p>их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и</p>		<p>методиками оценки рисков при эксплуатации АЭС</p>
---	--	--	--

	энергетики.		
исследования, разработки и технологии, направленные на регистрацию и обработку информации, разработку теории, создание и применение установок и систем в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, физики разделения изотопных и молекулярных смесей, физики быстропротекающих процессов, радиационной медицинской физики, радиационного материаловедения, исследования неравновесных физических процессов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, ядерно-физических установок, обеспечения ядерной и радиационной безопасности, безопасности ядерных материалов и физической защиты ядерных объектов, систем контроля и автоматизированного управления ядерно-физическими установками.	атомное ядро, элементарные частицы и плазма, конденсированное состояние вещества, лазеры и их применения, ядерные реакторы, материалы ядерных реакторов, ядерные материалы и системы обеспечения их безопасности, ускорители заряженных частиц, современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для анализа веществ, радиационное воздействие ионизирующих излучений на человека и окружающую среду, радиационные технологии в медицине, математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, конденсированного состояния вещества, ядерных реакторов, распространения и	ПК-10 [1] - способен разрабатывать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-10[1] - знать передовой отечественный и зарубежный опыт в области использования атомной энергии; ; У-ПК-10[1] - уметь анализировать информационные документы с результатами научных исследований;; В-ПК-10[1] - владеть опытом разработка предложений по совершенствованию действующих процессов на основе передовых научных достижений

	взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.		
--	---	--	--

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары )/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
<i>3 Семестр</i>							
1	Физические принципы контроля мощности. Физические принципы термометрии.	1-8	8/16/0		25	СК-8	3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3, 3-ПК-2.5, У-ПК-2.5, В-ПК-2.5, 3-ПК-2.6, У-ПК-2.6, В-ПК-2.6, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
2	Контроль теплоносителей ЯЭУ. Водородная безопасность и диагностика ЯЭУ.	9-16	8/16/0		25	СК-16	3-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, 3-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3, 3-ПК-2.5, 3-ПК-2.6,

						У-ПК-2.6, В-ПК-2.6, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, У-ПК-2.5, В-ПК-2.5
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		16/32/0		50	
	<b>Контрольные мероприятия за 3 Семестр</b>			50	ЗО	З-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2, З-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3, З-ПК-2.5, У-ПК-2.5, В-ПК-2.5, З-ПК-2.6, У-ПК-2.6, В-ПК-2.6, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
ЗО	Зачет с оценкой
СК	Семестровый контроль
З	Зачет

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>3 Семестр</i>	16	32	0
1-8	<b>Физические принципы контроля мощности. Физические принципы термометрии.</b>	8	16	0
1 - 2	<b>Введение</b> Предпосылки создания систем диагностики и контроля. Особенности измерений в реакторных условиях.	Всего аудиторных часов 2	3	0
			Онлайн	

	Классификация измерений в ядерных реакторах.	0	0	0
2	<b>Физические принципы контроля мощности</b> Источники энерговыделения в ядерном реакторе. Распределение тепловыделения в активной зоне. Принципы и методы контроля тепловыделения. Принципиальные отличия различных методов контроля.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	<b>Датчики контроля тепловыделения</b> Датчики теплотехнического контроля тепловыделения по параметрам первого и второго контуров. Калориметры. Активационные индикаторы. Детекторы прямого заряда. Ионизационные камеры. Нейтринный детектор.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	<b>Физические принципы термометрии</b> Начала термодинамики. Законы идеального газа. Статистические законы. Формула Лапласа. Теорема Найквиста. Термомагнитные явления. Термоэлектрические явления. Законы теплового излучения. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	<b>Способы измерения температуры</b> Термодинамическая и международная практическая температурные шкалы. Манометрические преобразователи. Термоэлектрические преобразователи. Термометры сопротивления. Термошумовая термометрия. Пирометрия. Прочие способы.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	<b>Датчики температуры в ядерных энергетических установках</b> Датчики для внутризонных измерений. Датчики для внезонных измерений в первом контуре. Датчики температуры для измерений во втором и третьем контурах.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	<b>Контроль теплоносителей ЯЭУ. Водородная безопасность и диагностика ЯЭУ.</b>	8	16	0
8	<b>Контроль теплоносителей ЯЭУ</b> Принципы измерения температуры, давления, расхода, уровня, паросодержания теплоносителей. Используемые датчики и особенности их эксплуатации на энергетических аппаратах различных типов.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
9 - 10	<b>Водородная безопасность и диагностика ЯЭУ</b> Радиолиз воды и водяного пара. Реакции водяного пара с металлами. Режимы горения водородных смесей. Скорость и пределы распространения детонации водородных смесей. Химический контроль содержания водорода. Методы и средства измерения содержания водорода. Подавление источников образования водорода.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	<b>Измерение химического состава сред</b> Методы контроля примесей в водном, натриевом и гелиевом теплоносителе, в воздухе АЭС. Анализ отложений со вскрываемого оборудования, жидких и твердых отходов, энергетических масел и т.д. Системы пробоотбора энергетических реакторов.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	<b>Технологический контроль элементов ЯЭУ</b> Способы измерения деформаций и линейных перемещений. Анализ вибраций конструкций реактора.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		

	Контроль герметичности оболочек твэлов. Методы обнаружения ТВС с негерметичными твэлами. Методы контроля металла и трубопроводов первого контура.	0	0	0
13	<b>Послереакторный контроль топлива и оборудования активной зоны</b> Определение содержания изотопов урана и трансурановых элементов в отработавшем топливе. Измерение технологических, теплофизических, прочностных характеристик элементов конструкций активной зоны. Измерения в горячих камерах.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 16	<b>Системы внутриреакторного контроля</b> Водо-водяные реакторы. Атомная станция теплоснабжения. Канальные реакторы. Реакторы на быстрых нейтронах. Высокотемпературные реакторы с гелиевым теплоносителем. Особенности контроля и диагностики автономных ЯЭУ.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>3 Семестр</i>
1	<b>Вакуумные детекторы излучения.</b> Вакуумные детекторы излучения.
2	<b>Методы реакторной калориметрии</b> Методы реакторной калориметрии
3	<b>Тепловые детекторы радиоактивности</b> Тепловые детекторы радиоактивности
4	<b>Методы диагностики повреждений оборудования на АЭС.</b> Методы диагностики повреждений оборудования на АЭС.
5	<b>Нейтронные ионизационные камеры для контроля быстрых реакторов.</b> Нейтронные ионизационные камеры для контроля быстрых реакторов.
6	<b>Восстановление полей энерговыделения по показаниям детекторов прямого заряда.</b> Восстановление полей энерговыделения по показаниям детекторов прямого заряда.
7	<b>Определение выгорания и изотопного состава топлива с помощью нейтринных детекторов.</b>

	Определение выгорания и изотопного состава топлива с помощью нейтринных детекторов.
8	<b>Нейтронно-физические методы определения расхода и паросодержания теплоносителя.</b> Нейтронно-физические методы определения расхода и паросодержания теплоносителя.
9	<b>Корреляционный метод измерения расхода с помощью термопар.</b> Корреляционный метод измерения расхода с помощью термопар.
10	<b>Акустические методы измерения паросодержания.</b> Акустические методы измерения паросодержания.
11	<b>Измерения температуры ТВЭЛ. Методы контроля герметичности оболочек ТВЭЛОв.</b> Измерения температуры ТВЭЛ. Методы контроля герметичности оболочек ТВЭЛОв.
12	<b>Радиационный контроль выбросов АЭС в атмосферу.</b> Радиационный контроль выбросов АЭС в атмосферу.
13	<b>Радиационная система контроля расхода и мощности реакторов ВВЭР.</b> Радиационная система контроля расхода и мощности реакторов ВВЭР.
14	<b>Измерительный зонд реакторной установки АСТ-500.</b> Измерительный зонд реакторной установки АСТ-500.
15	<b>Индикатор водорода для контроля парогенераторов натрий-вода.</b> <b>Электромагнитный метод измерения расхода жидких металлов.</b> Индикатор водорода для контроля парогенераторов натрий-вода. Электромагнитный метод измерения расхода жидких металлов.
16	<b>Нейтринные эксперименты на Ровенской АЭС.</b> Нейтринные эксперименты на Ровенской АЭС.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Дисциплина реализует компетентностный подход и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерные практикумы, разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
-------------	---------------------	-----------------------------------

ПК-10	3-ПК-10	ЗО, СК-8, СК-16
	У-ПК-10	ЗО, СК-8, СК-16
	В-ПК-10	ЗО, СК-8, СК-16
ПК-2.2	3-ПК-2.2	ЗО, СК-8, СК-16
	У-ПК-2.2	ЗО, СК-8, СК-16
	В-ПК-2.2	ЗО, СК-8, СК-16
ПК-2.3	3-ПК-2.3	ЗО, СК-8, СК-16
	У-ПК-2.3	ЗО, СК-8, СК-16
	В-ПК-2.3	ЗО, СК-8, СК-16
ПК-2.5	3-ПК-2.5	ЗО, СК-8, СК-16
	У-ПК-2.5	ЗО, СК-8, СК-16
	В-ПК-2.5	ЗО, СК-8, СК-16
ПК-2.6	3-ПК-2.6	ЗО, СК-8, СК-16
	У-ПК-2.6	ЗО, СК-8, СК-16
	В-ПК-2.6	ЗО, СК-8, СК-16
ПК-8	3-ПК-8	ЗО, СК-8, СК-16
	У-ПК-8	ЗО, СК-8, СК-16
	В-ПК-8	ЗО, СК-8, СК-16

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	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»	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»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 –	F	Оценка «неудовлетворительно»

	«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.
--	-----------------------	--	--

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. ЭИ М29 The Physics of Nuclear Reactors : , Marguet, Serge. , Cham: Springer International Publishing, 2017
2. ЭИ Н 84 Диагностика машин и оборудования : учебное пособие для вузов, Носов В. В., Санкт-Петербург: Лань, 2021
3. ЭИ Б 43 Диагностика теплоэнергетического оборудования : учебное пособие для вузов, Степанов О. А., Белкин А. П., Санкт-Петербург: Лань, 2022

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 621.039 А87 Водородная пожаровзрывобезопасность и диагностика ЯЭУ : Учеб. пособие, Цыганов А.Ю., Архипов В.В., Сальников А.М., М.: МИФИ, 1990
2. ЭИ К88 Диагностика ЯЭУ : , Сарычев Г.А., Кудрявцев Е.М., Москва: МИФИ, 2008
3. 621.039 А65 Контроль и измерение температуры в ядерных энергетических установках : Учеб. пособие, Архипов В.В., Тимонин А.С., Андреев В.К., М.: МИФИ, 1991
4. 621.039 А87 Контроль и измерения в ядерных реакторах (контроль тепловыделения) : Учеб. пособие, Архипов В.В., Тимонин А.С., М.: МИФИ, 1989
5. 621.039 Л12 Лабораторный практикум "Диагностика ЯЭУ" : учебное пособие для вузов, Ануфриев Б.Ф. [и др.], Москва: МИФИ, 2008
6. ЭИ Л12 Лабораторный практикум "Диагностика ЯЭУ" : учебное пособие для вузов, Ануфриев Б.Ф. [и др.], Москва: МИФИ, 2008
7. 621.039 Л12 Лабораторный практикум по тепловым измерениям в энергетических установках : учебное пособие для вузов, Куценко К.В. [и др.], Москва: МИФИ, 2008
8. 621.039 Т41 Разработка продукции для атомной энергетики : учебное пособие для вузов, Тимонин А.С., Москва: МИФИ, 2008

9. ЭИ Т41 Разработка продукции для атомной энергетики : учебное пособие для вузов, Тимонин А.С., Москва: МИФИ, 2008

10. 621.3 С40 Системы внутриреакторного контроля АЭС с реакторами ВВЭР : , , М.: Энергоатомиздат, 1987

11. 621.039 Л88 Термометрия и расходометрия ядерных реакторов : , Прозоров В.К., Лысиков Б.В., М.: Энергоатомиздат, 1985

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. • ЗАО "СНПО Импульс" (<http://www.imp.lg.ua/>)
2. • Внешний вид "Гиндукуша" (<http://nasledie.dubna.ru/detail.asp?id=697>)
3. ГОСТ 17137-87 (<http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=140654>)
4. ГОСТ 26635-85 (<http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=143187>)
5. История СВРК (<http://atesvrk.narod.ru/history.html>)
6. ОАО "СНИИП" (<http://www.sniip.ru/>)

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

Принципы и методы реакторного контроля, внутриреакторные датчики, способы контроля параметров активной зоны и СВРК действующих энергетических реакторов описаны в пособии создателей курса: Архипов В.В., Тимонин А.С. Контроль и измерения в ядерных реакторах (контроль тепловыделения) - М.: МИФИ, 1989.

Особенности контроля температуры в ЯЭУ (физические принципы, датчики, способы расположения и конструктивные особенности, погрешности и тарировка) представлены в пособии Андреев В.К., Архипов В.В., Тимонин А.С. Контроль и измерение температуры в ядерных энергетических установках - М.:МИФИ, 1991.

Материалы по источникам водорода в ЯЭУ, безопасным концентрациям и способам подавления образования водорода представлены в пособии Архипов В.В., Сальников А.М., Цыганов А.Ю. Водородная пожаровзрывобезопасность и диагностика ЯЭУ - М.:МИФИ, 1990.

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК» ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Основные материалы по средствам измерений и методам контроля в ядерных реакторах не нашли своего освещения в учебниках, изданных в России. Разработчиками СВРК действующих энергетических реакторов являются ИЯР Российского научного центра «Курчатовский институт», НИКИЭТ, ФЭИ и СНИИП. Основные методические материалы для студентов (3 учебных пособия) подготовлены с привлечением материалов вышеназванных организаций, а также материалов организаций, эксплуатирующих действующие энергетические реакторы.

#### **НА ЧТО НЕОБХОДИМО ОБРАТИТЬ ВНИМАНИЕ:**

##### **ЛЕКЦИИ**

В связи с особенностями работы датчиков в реакторных условиях главное внимание должно быть уделено анализу возможностей использования известных физических принципов контроля применительно к условиям активных зон ядерных реакторов разных типов. Необходимо детально обсудить положительный опыт внутриреакторного контроля, накопленный за время эксплуатации реакторов ВВЭР-440, ВВЭР-1000, БН-350 и БН-600, проанализировать возможности использования найденных решений для других типов реакторов. Для будущих инженеров-исследователей крайне важно сформулировать нерешенные на сегодняшний день в мировой практике задачи, их значимость для повышения безопасности и эффективности работы ЯЭУ.

##### **СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ (ЗАЩИТА КУРСОВЫХ РАБОТ)**

Поскольку большинство реализуемых в настоящее время методов внутриреакторного контроля являются предметом изобретений, крайне важно дать студенту представление о полной реализации какого-нибудь конкретного метода из числа, рассматриваемых в курсе.

По теме курсовой работы студент использует помимо учебных пособий дополнительный материал (ссылки учебных пособий, кафедральные материалы, библиотеку МИФИ и интернет).

Захист курсовых работ проводится подобно научному семинару (с руководителем и оппонентами из числа студентов, вопросами, дискуссией и подведением выводов). С целью активизации студентов на занятиях рекомендуется включать содержание докладов студентов в перечень дополнительных вопросов на экзамене.

#### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ИНТЕРНЕТ РЕСУРСЫ**

- ГОСТ 17137-87: Системы контроля, управления и защиты ядерных реакторов. Термины и определения
- ГОСТ 26635-85: Реакторы ядерные энергетические корпусные с водой под давлением. Общие требования к системе внутриреакторного контроля
  - История СВРК
  - Российский научный центр "Курчатовский институт"
  - НИКИИЭТ
  - ФЭИ

- ОАО "СНИИП"
- ОАО "Приборный завод "Тензор"
- ЗАО "СНПО Импульс"
- Внешний вид "Гиндукуша"

Автор(ы):

Архипов Виталий Владимирович, к.т.н., доцент

Рецензент(ы):

Харитонов ВС., Куценко К.В.