

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ ЯДЕРНЫХ
РЕАКТОРОВ

ОДОБРЕНО УМС ТФ НИЯУ МИФИ

Протокол № 6

от 23.12.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
5	3	108	32	16	16	8	0	Э
6	4	144	30	30	15	33	0	Э КР
Итого	7	252	62	46	31	41	0	

АННОТАЦИЯ

Дисциплина ориентирована на студентов, специализирующихся в области физики ядерно-энергетических установок. Курс включает, кроме лекций, лабораторный практикум, семинарские занятия и два домашних задания. Основное внимание в курсе уделено нестационарным процессам и особенностям их протекания в различных условиях, физической природе обратных связей, влияющих на динамику реактора, качественной и количественной оценке коэффициентов и эффектов реактивности. Наряду с классической точечной моделью анализируются пространственно-временные процессы в реакторах. Рассматривается проблема устойчивости плотности энерговыделения в реакторе, включая пространственно-временную неустойчивость, связанную с Ксеноном-135. На основе модели Нордгейма-Фукса рассматривается поведение реактора при больших скачках реактивности. Приведено описание остаточного энерговыделения и возможных физико-химических процессов, сопутствующих аварийным ситуациям. Обсуждается опыт крупных аварий на атомных электростанциях и основные положения официальных документов, регламентирующих вопросы безопасности ядерных реакторов.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины является ввод студентов, специализирующихся в области физики ядерных реакторов, в круг проблем, связанных с особенностями ядерно-энергетических установок (ЯЭУ) как потенциальных источников ядерной и радиационной опасности.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная дисциплина является профессиональной.

Для освоения дисциплины необходимо усвоить материалы предшествующих курсов:

- Теория ядерных реакторов: основы теории переноса нейтронов, баланс нейтронов в размножающих средах, нестационарное уравнение диффузии;

- Физика ядерных реакторов: нейтронные сечения, процесс деления мгновенные и запаздывающие нейтроны, выгорание и изменение нуклидного состава топлива, процессы отравления и зашлаковывания, накопление биологически значимых радионуклидов;

- Теплофизика ядерных реакторов: основы теплоотвода, нестационарные процессы теплопередачи, теплофизические свойства реакторных материалов, ограничения на условия теплопередачи;

- Дифференциальные уравнения, теория устойчивости

Его изучение позволит студентам войти в круг проблем, связанных с особенностями ядерно-энергетических установок (ЯЭУ) как потенциальных источников ядерной и радиационной безопасности

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:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
<p>Осуществление процессов производства, передачи, распределения, преобразования, применения и управления потоками электрической энергии; разработка, изготовление и контроль качества элементов, аппаратов, устройств, систем и их компонентов, реализующих вышеперечисленные процессы.</p>	<p>наладочный</p> <p>электрические станции и подстанции; электроэнергетические системы и сети; системы электроснабжения городов, промышленных предприятий, установки высокого напряжения различного назначения, электроизоляционные материалы, конструкции и средства их диагностики, системы защиты от молнии и перенапряжений, средства обеспечения электромагнитной совместимости оборудования, высоковольтные электротехнологии; релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем; электрические машины, трансформаторы, электромеханические комплексы и системы, включая их управление и регулирование; электрические и</p>	<p>ПК-7 [1] - Способен участвовать в пусконаладочных работах</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 20.012</p>	<p>З-ПК-7[1] - Знать: технические данные, устройство, принцип действия и конструктивные особенности обслуживаемого электро-технического оборудования; У-ПК-7[1] - Уметь: применять устройства для проверки и опробования устройств релейной защиты и автоматики, технологической, аварийной и пожарной сигнализации; В-ПК-7[1] - Владеть: методами проведения программ испытаний с соблюдением организационных и технических мероприятий при производстве пусконаладочных работ</p>

	<p>электронные аппараты, комплексы и системы электромеханических и электронных аппаратов, автоматические устройства и системы управления потоками энергии;</p> <p>электромагнитные системы и устройства механизмов, технологических установок и электротехнических изделий, первичных преобразователей систем измерений, контроля и управления производственными процессами;</p> <p>электрическая изоляция электроэнергетических и электротехнических устройств, кабельные изделия и провода, электрические конденсаторы, материалы и системы электрической изоляции электрических машин, трансформаторов, кабелей, электрических конденсаторов;</p> <p>электрический привод и автоматика механизмов и технологических комплексов в различных отраслях;</p> <p>преобразовательные устройства, электроприводы энергетических, технологических и вспомогательных установок, их систем автоматизации,</p>		
--	--	--	--

	<p>контроля и диагностики; электрическое хозяйство и сети предприятий, организаций и учреждений; электрооборудование низкого и высокого напряжения; потенциально опасные технологические процессы и производства; методы и средства защиты человека, промышленных объектов и среды обитания от антропогенного воздействия.</p>		
	<p>монтажный</p>		
<p>Осуществление процессов производства, передачи, распределения, преобразования, применения и управления потоками электрической энергии; разработка, изготовление и контроль качества элементов, аппаратов, устройств, систем и их компонентов, реализующих вышеперечисленные процессы.</p>	<p>электрические станции и подстанции; электроэнергетические системы и сети; системы электроснабжения городов, промышленных предприятий, установки высокого напряжения различного назначения, электроизоляционные материалы, конструкции и средства их диагностики, системы защиты от молнии и перенапряжений, средства обеспечения электромагнитной совместимости оборудования, высоковольтные электротехнологии; релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем; электрические</p>	<p>ПК-8 [1] - Способен участвовать в монтаже элементов оборудования объектов профессиональной деятельности</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 20.030</p>	<p>3-ПК-8[1] - Знать: технологические процессы прокладки, монтажа силовых и контрольных кабелей по трассе действующих кабельных линий и вскрытия муфт на высоковольтных кабельных линиях; технологию выполнения технического обслуживания и ремонта оборудования объектов профессиональной деятельности; У-ПК-8[1] - Уметь: измерять мегомметром сопротивление изоляции электрооборудования; определять места повреждения в силовых и контрольных кабельных линиях; пользоваться электрическим, пневматическим и мерительным инструментом при производстве электромонтажных работ; В-ПК-8[1] - Владеть: методами и способами, технологией выполнения сложных операций при монтаже оборудования с соблюдением требований проектов производства работ и технологических карт</p>

	<p>машины, трансформаторы, электромеханические комплексы и системы, включая их управление и регулирование; электрические и электронные аппараты, комплексы и системы электромеханических и электронных аппаратов, автоматические устройства и системы управления потоками энергии; электромагнитные системы и устройства механизмов, технологических установок и электротехнических изделий, первичных преобразователей систем измерений, контроля и управления производственными процессами; электрическая изоляция электроэнергетических и электротехнических устройств, кабельные изделия и провода, электрические конденсаторы, материалы и системы электрической изоляции электрических машин, трансформаторов, кабелей, электрических конденсаторов; электрический привод и автоматика механизмов и технологических комплексов в различных отраслях;</p>		
--	--	--	--

	<p>преобразовательные устройства, электроприводы энергетических, технологических и вспомогательных установок, их систем автоматизации, контроля и диагностики; электрическое хозяйство и сети предприятий, организаций и учреждений; электрооборудование низкого и высокого напряжения; потенциально опасные технологические процессы и производства; методы и средства защиты человека, промышленных объектов и среды обитания от антропогенного воздействия.</p>		
	эксплуатационный		
<p>Осуществление процессов производства, передачи, распределения, преобразования, применения и управления потоками электрической энергии; разработка, изготовление и контроль качества элементов, аппаратов, устройств, систем и их компонентов, реализующих вышеперечисленные процессы.</p>	<p>электрические станции и подстанции; электроэнергетические системы и сети; системы электроснабжения городов, промышленных предприятий, установки высокого напряжения различного назначения, электроизоляционные материалы, конструкции и средства их диагностики, системы защиты от молнии и перенапряжений, средства обеспечения электромагнитной</p>	<p>ПК-8.2 [1] - Способен проводить оптимизацию режимов работы при эксплуатации электротехнического оборудования на атомных и тепловых электростанциях</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 20.012</p>	<p>З-ПК-8.2[1] - Знать основные законы электротехники ; У-ПК-8.2[1] - Уметь выбирать и обосновывать выбор применяемых технических решений при эксплуатации электротехнического оборудования; В-ПК-8.2[1] - Владеть методами расчета электрических цепей</p>

	<p>совместимости оборудования, высоковольтные электротехнологии; релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем; электрические машины, трансформаторы, электромеханические комплексы и системы, включая их управление и регулирование; электрические и электронные аппараты, комплексы и системы электромеханических и электронных аппаратов, автоматические устройства и системы управления потоками энергии; электромагнитные системы и устройства механизмов, технологических установок и электротехнических изделий, первичных преобразователей систем измерений, контроля и управления производственными процессами; электрическая изоляция электроэнергетических и электротехнических устройств, кабельные изделия и провода, электрические конденсаторы, материалы и системы электрической изоляции электрических машин, трансформаторов, кабелей,</p>		
--	---	--	--

	<p>электрических конденсаторов; электрический привод и автоматика механизмов и технологических комплексов в различных отраслях; преобразовательные устройства, электроприводы энергетических, технологических и вспомогательных установок, их систем автоматизации, контроля и диагностики; электрическое хозяйство и сети предприятий, организаций и учреждений; электрооборудование низкого и высокого напряжения; потенциально опасные технологические процессы и производства; методы и средства защиты человека, промышленных объектов и среды обитания от антропогенного воздействия.</p>		
--	---	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и

		<p>внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.</p>
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, 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	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и

		инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - 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.
--	--	--

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>5 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	16/8/8		25	КИ-8	3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-8.2,

							У-ПК-8.2, В-ПК-8.2
2	Часть 2	9-15	16/8/8		25	КИ-15	3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-8.2, У-ПК-8.2, В-ПК-8.2
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		32/16/16		50		
	Контрольные мероприятия за 5 Семестр				50	Э	3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-8.2, У-ПК-8.2, В-ПК-8.2
	<i>6 Семестр</i>						
1	Электромеханические переходные процессы в электроэнергетически	1-8	15/15/8		25	КИ-8	3-ПК-7, У-ПК-7,

	х системах, часть 1						В-ПК-7, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, З-ПК-8.2, У-ПК-8.2, В-ПК-8.2
2	Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах, часть 2	9-15	15/15/7		25	КИ-15	З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, З-ПК-8.2, У-ПК-8.2, В-ПК-8.2
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		30/30/15		50		
	Контрольные мероприятия за 6 Семестр				50	Э, КР	З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, З-ПК-8.2, У-

							ПК-8.2, В-ПК-8.2, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, З-ПК-8.2, У-ПК-8.2, В-ПК-8.2
--	--	--	--	--	--	--	--

* – 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
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен
КР	Курсовая работа

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>5 Семестр</i>	32	16	16
1-8	Часть 1	16	8	8
1 - 4	Особенности и потенциальная опасность нестационарных процессов в ядерных реакторах. Роль запаздывающих нейтронов. Кинетика реактора в точечном приближении. Реактивность. Периоды реактора. Качественный Особенности и потенциальная опасность нестационарных процессов в ядерных реакторах. Роль запаздывающих	Всего аудиторных часов		
		8	4	4
		Онлайн		
		0	0	0

	нейтронов. Кинетика реактора в точечном приближении. Реактивность. Периоды реактора. Качественный анализ нестационарных процессов на основе модели "точечной" кинетики с одной эффективной группой эмиттеров запаздывающих нейтронов. Приближение "мгновенного скачка", или "нулевого времени жизни мгновенных нейтронов". Модель "точечной" кинетики с шестью группами эмиттеров. Спектр эмиттеров. Реактор с внешним источником нейтронов.			
5 - 8	Внутренние обратные связи в реакторе. Их стабилизирующая и дестабилизирующая роль. Коэффициенты и эффекты реактивности. Модели динамических процессов при наличии обратных связей. Характерные особеннос Внутренние обратные связи в реакторе. Их стабилизирующая и дестабилизирующая роль. Коэффициенты и эффекты реактивности. Модели динамических процессов при наличии обратных связей. Характерные особенности динамических процессов. Коэффициенты и эффекты реактивности в реакторах современных типов. Устойчивость реактора при наличии обратных связей. Основные понятия теории устойчивости. Способы исследования устойчивости.	Всего аудиторных часов		
		8	4	4
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Часть 2	16	8	8
9 - 10	Распределённая модель кинетики. Качественный анализ пространственных эффектов и обоснование "точечной" модели. Распределённая модель динамики. Ксеноновые переходные процессы и пространственная ксеноно Распределённая модель кинетики. Качественный анализ пространственных эффектов и обоснование "точечной" модели. Распределённая модель динамики. Ксеноновые переходные процессы и пространственная ксеноновая неустойчивость больших тепловых реакторов. Критерий устойчивости.	Всего аудиторных часов		
		4	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	Поведение реакторов при больших возмущениях реактивности. Большие нейтронные вспышки. Роль обратных связей. Модель Фукса-Хансена. Поведение реакторов при больших возмущениях реактивности. Большие нейтронные вспышки. Роль обратных связей. Модель Фукса-Хансена.	Всего аудиторных часов		
		4	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
13	Остаточное энерговыделение в реакторе. Аккумулированное тепло в компонентах активной зоны. Энерговыделение за счёт физико-химических процессов. Остаточное энерговыделение в реакторе. Аккумулированное тепло в компонентах активной зоны. Энерговыделение за счёт физико-химических процессов.	Всего аудиторных часов		
		4	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 16	Общие положения безопасности атомных станций. Технические требования к конструкции и характеристикам активной зоны. Системы	Всего аудиторных часов		
		4	2	2
		Онлайн		

	безопасности, их функции. Особенности конструкций, характеристики активной з Общие положения безопасности атомных станций. Технические требования к конструкции и характеристикам активной зоны. Системы безопасности, их функции. Особенности конструкций, характеристики активной зоны и меры по обеспечению ядерной безопасности современных и перспективных реакторов. Принцип "защиты в глубину". Концепция внутренней безопасности. Уроки крупных аварий на атомных станциях.	0	0	0
	<i>6 Семестр</i>	30	30	15
1-8	Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах, часть 1	15	15	8
	Анализ статической устойчивости нерегулируемой системы Анализ статической устойчивости нерегулируемой системы	Всего аудиторных часов		
		4	4	2
		Онлайн		
		0	0	0
	Переходные процессы в узлах нагрузки электрических систем при малых изменениях режима Переходные процессы в узлах нагрузки электрических систем при малых изменениях режима	Всего аудиторных часов		
		4	4	2
		Онлайн		
		0	0	0
	Динамическая устойчивость в электрических системах Динамическая устойчивость в электрических системах	Всего аудиторных часов		
		4	4	2
		Онлайн		
		0	0	0
1 - 8	Статическая устойчивость – основные понятия и определения Статическая устойчивость – основные понятия и определения	Всего аудиторных часов		
		3	3	2
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах, часть 2	15	15	7
	Общие характеристики асинхронных режимов Общие характеристики асинхронных режимов	Всего аудиторных часов		
		4	4	2
		Онлайн		
		0	0	0
	Выпадение энергосистем из синхронизма Выпадение энергосистем из синхронизма	Всего аудиторных часов		
		4	4	2
		Онлайн		
		0	0	0
	Неустойчивость частоты. Автоматическая разгрузка по частоте. Неустойчивость частоты. Автоматическая разгрузка по частоте.	Всего аудиторных часов		
		4	4	2
		Онлайн		
		0	0	0
9 - 15	Динамическая устойчивость сложных систем и двигательной нагрузки Динамическая устойчивость сложных систем и двигательной нагрузки	Всего аудиторных часов		
		3	3	1
		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 ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>5 Семестр</i>
	Переходный процесс при подключении к сети ненагруженного трансформатора Переходный процесс при подключении к сети ненагруженного трансформатора
	Анализ переходных процессов при трехфазном КЗ в электрической сети, питающейся от источника бесконечной мощности Анализ переходных процессов при трехфазном КЗ в электрической сети, питающейся от источника бесконечной мощности
	Анализ переходных процессов при трехфазном КЗ в электрической сети, питающейся от синхронного генератора ограниченной мощности Анализ переходных процессов при трехфазном КЗ в электрической сети, питающейся от синхронного генератора ограниченной мощности
	Анализ переходных процессов при двухфазных коротких замыканиях Анализ переходных процессов при двухфазных коротких замыканиях
	Анализ переходных процессов при однофазных коротких замыканиях в сетях с изолированной и глухо заземлённой нейтралью Анализ переходных процессов при однофазных коротких замыканиях в сетях с изолированной и глухо заземлённой нейтралью
	Исследование процесса синхронизации натурального синхронного генератора с сетью и регулирования его активной и реактивной мощностей Исследование процесса синхронизации натурального синхронного генератора с сетью и регулирования его активной и реактивной мощностей

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных презентаций, разбора конкретных ситуаций по теме, проведения дискуссий) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов. В рамках учебных курсов предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний, государственных и общественных организаций, мастер-классы экспертов и специалистов.

7. 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)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-7	З-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-15	КР, Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-15	КР, Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-15	КР, Э, КИ-8, КИ-15
ПК-8	З-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-15	КР, Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-15	КР, Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-15	КР, Э, КИ-8, КИ-15
ПК-8.2	З-ПК-8.2	Э, КИ-8, КИ-15	КР, Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-8.2	Э, КИ-8, КИ-15	КР, Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-8.2	Э, КИ-8, КИ-15	КР, Э, КИ-8, КИ-15

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
75-84		C	
70-74		D	

			существенных неточностей в ответе на вопрос.
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	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 – «неудовлетворительно»	Ф	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.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ L24 A Primer on Scientific Programming with Python : , Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016
2. ЭИ Н34 Физические основы безопасности ядерных реакторов : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
3. ЭИ Н34 Моделирование нестационарных и аварийных процессов в ядерных энергетических установках : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, В. И. Наумов, В. Е. Смирнов, Москва: МИФИ, 2007

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 С12 Основы ядерной и радиационной безопасности на внешних этапах ядерного топливного цикла : учеб. пособие для вузов, В. И. Савандер, А. А. Смирнов, М.: МИФИ, 2006

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Проверка знаний студентов осуществляется тестом

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Лекционные занятия проводятся с использованием презентаций, видео роликов, слайдов, плакатов.

Практические занятия проводятся с использованием программного обеспечения, слайдов, плакатов, презентаций, справочной литературы.

Лабораторные работы проводятся на учебно-лабораторных стендах, или виртуально с использованием программного обеспечения, слайдов, плакатов, презентаций, натуральных образцов электрооборудования электрических систем.

Автор(ы):

Волков Юрий Николаевич

Наумов Владимир Ильич, к.ф.-м.н., профессор