

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

ОДОБРЕНО
УМС ИФТИС Протокол №1 от 31.08.2021 г.
УМС ИЯФИТ Протокол №01/0821-573.1 от 31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ОСНОВЫ УЧЕТА, КОНТРОЛЯ И ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.05.01 Ядерные реакторы и материалы

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
7	2	72	16	16	0		40	0	3
Итого	2	72	16	16	0	0	40	0	

АННОТАЦИЯ

Изложены основные методы интегрирования подсистем ФЗ, способы их реализации в существующих системах, основные производители и системы используемые на ядерных объектах РФ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель преподавания дисциплины состоит в том, чтобы познакомить студентов с основами учета, контроля и защиты ядерных материалов, используемыми на различных предприятиях ядерного топливного цикла. Дать студентам представление об опасности ядерных материалов с точки зрения обеспечения нераспространения ядерного оружия, об основных методах и современном состоянии систем учета, контроля и защиты ядерных материалов.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для изучения дисциплины необходимы знания, сформированные у обучающихся в результате освоения дисциплин:

Общая физика, Общая химия, Атомная физика, высшая математика (дифференциальное и интегральное исчисление), Аналитическая геометрия (системы координат, векторы), Линейная алгебра (линейные пространства, операторы), Математический анализ (ряды Тейлора, поверхностные интегралы, градиент, дивергенция), Обыкновенные дифференциальные уравнения, Теория функций комплексного переменного (преобразование Лапласа, Фурье), Уравнения математической физики, Теоретическая физика (кинетическое уравнение Больцмана, распределение газов), Физическая теория ядерных реакторов, Материалы ядерных реакторов.

Данная дисциплина является необходимой для изучения дальнейших программ дисциплин, "Методика проектирования систем физической защиты", «Компьютеризированные системы учета и контроля ЯМ», а также при выполнении научно-исследовательской работы, ВКР и при практической работе.

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	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
--	---------------------------	---	---

		опыта)	
	экспертный		
Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-10 [1] - способен к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.011, Анализ опыта: Анализ технических и расчетно-теоретических разработок, учет их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам	З-ПК-10[1] - Знать требования и основные правила для разработки технических условий, стандартов и технических описаний установок, материалов и изделий ; У-ПК-10[1] - Уметь применять требования и основные правила для разработки технических условий, стандартов и технических описаний установок, материалов и изделий в профессиональной области ; В-ПК-10[1] - Владеть навыками разработки проектов технических условий, стандартов и технических описаний установок, материалов и изделий
Оценка соответствия предлагаемого решения достигнутому мировому уровню	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-8 [1] - способен оценить перспективы развития ядерной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно - исследовательских работах <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, Анализ опыта:	З-ПК-8[1] - Знать принятые технологии и перспективы развития различных типов реакторов; основные тепловые, гидравлические и нейтронно-физические процессы, протекающие в ядерных энергетических установках ; У-ПК-8[1] - Уметь применять полученные знания к решению

		Оценка перспектив развития ядерной отрасли, использование ее современных достижений и передовых технологий в научно-исследовательских работах	практических задач связанных с организацией ядерного топливного цикла и проектированием ядерных энергетических установок.; В-ПК-8[1] - Владеть методами инженерных расчетов ядерных энергетических установок и обеспечения конкурентоспособности ядерной энергетики при учете всех затрат топливного цикла.
проектный			
Подготовка элементов документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-5 [1] - способен к проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации и при исследовании самостоятельных тем <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.011, Анализ опыта: Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике организации и при исследовании самостоятельных тем	З-ПК-5[1] - Знать порядок и методики выполнения научных исследований, правила оформления результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ ; У-ПК-5[1] - Уметь проводить измерения и расчеты, обработку полученных данных; В-ПК-5[1] - Владеть методами интерпретации (анализа) и презентации полученных результатов
научно-исследовательский			
Создание теоретических и математических моделей, описывающих нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и теплообмена	Ядерные реакторы, математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области реакторов, распространения и взаимодействия	ПК-1 [1] - способен создавать теоретические и математические модели, описывающие нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и теплообмена в	З-ПК-1[1] - Знать нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и теплообмена в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и

в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов	излучения в объектах живой и неживой природы, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.	активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, Анализ опыта: Создание теоретических и математических моделей, описывающих нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и теплообмена в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов	объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов ; У-ПК-1[1] - Уметь создавать теоретические и математические модели в профессиональной области ; В-ПК-1[1] - Владеть навыками работы с современными расчетными программными средствами
Создание новых методов расчета современных реакторных установок и физических устройств, методов исследования теплофизических процессов и свойств реакторных материалов и теплоносителей; разработка новых систем преобразования тепловой и ядерной	Ядерные реакторы, математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области реакторов, распространения и взаимодействия излучения в объектах живой и неживой природы, обеспечение безопасности ядерных материалов,	ПК-2 [1] - способен к созданию новых методов расчета современных реакторных установок и физических устройств, методов исследования теплофизических процессов и свойств реакторных материалов и теплоносителей; разработке новых систем преобразования	3-ПК-2[1] - Знать методы исследования и расчета процессов, происходящих в реакторных установках ; У-ПК-2[1] - Уметь рассчитывать и проводить исследования процессов, протекающих в реакторных установках ; В-ПК-2[1] - Владеть навыками применения информационных технологий при разработке новых

энергии в электрическую, методов и методик оценки количественных характеристик ядерных материалов	объектов и установок атомной промышленности и энергетики.	тепловой и ядерной энергии в электрическую, методов и методик оценки количественных характеристик ядерных материалов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, Анализ опыта: Создание новых методов расчета современных реакторных установок и физических устройств, методов исследования теплофизических процессов и свойств реакторных материалов и теплоносителей; разработка новых систем преобразования тепловой и ядерной энергии в электрическую, методов и методик оценки количественных характеристик ядерных материалов	установок, материалов и приборов
организационно-управленческий			
Выполнение работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов	Ядерные реакторы, математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области реакторов, распространения и взаимодействия излучения в объектах живой и неживой природы,	ПК-15 [1] - способен к выполнению работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, Анализ опыта:	З-ПК-15[1] - Знать перечень технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, нуждающийся в стандартизации и сертификации ; У-ПК-15[1] - Уметь выполнять работу по стандартизации технических средств, систем, процессов,

	обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.	Выполнение работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов	оборудования и материалов; В-ПК-15[1] - Владеть навыками подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов
--	--	--	---

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
-----------------------------	-------------------------	------------------------------------

5. 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>7 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8			25	КИ-8	3-ПК-10
2	Часть 2	9-16			25	КИ-16	3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		16/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	3	3-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
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	16	16	0
1-8	Часть 1	8	8	
1	Проблема ядерного нераспространения. Специальное обращение с ядерными материалами. Проблема ядерного нераспространения и пути ее решения. Эволюция системы специального обращения с ЯМ, связанная с экономической и политической перестройкой общества.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		
2	Нормативно-правовые аспекты обращения с ядерными материалами. Нормативно-правовые основы развития и функционирования систем учета, контроля и физической защиты ядерных материалов (системы УК и ФЗ ЯМ) в Российской Федерации.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		
3	Концепция категоризированных гарантий. Концепция категоризированных гарантий. Принцип эшелонированной защиты. Интеграция подсистем УК и ФЗ. Системный подход к проектированию систем УК и ФЗ ЯМ.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		
4	Особенности учета ЯМ. Основные понятия системы измеряемого материального баланса ядерных материалов. Идентификация и характеристика ЯМ. Связь с системой бухгалтерского учета ЯМ.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		
5	Информационные системы учета ядерных материалов. Информационные системы учета ядерных материалов. Государственный уровень и уровень эксплуатирующей организации. Требования к качеству знаний о ЯМ. Учетная и отчетная информация. Информационная безопасность.	Всего аудиторных часов		
		Онлайн		
6	Идентификация ядерных материалов. Идентификация ядерных материалов в системе учета и контроля. Метки ЯМ. Их роль и устойчивость к воздействию внешней среды. Автоматизация идентификации ЯМ.	Всего аудиторных часов		
		Онлайн		
7	Измерения ядерных материалов. Измерения ЯМ в целях их учета и контроля.	Всего аудиторных часов		

	Подтверждающие измерения ЯМ. Условия применения выборочных измерений. Примеры определения объема выборок.	Онлайн		
8	Неразрушающий анализ ЯМ. Неразрушающие методы анализа ЯМ. Применение в учете и контроле ЯМ. Автоматизация измерений ЯМ.	Всего аудиторных часов		
		Онлайн		
9-16	Часть 2	8	8	
9	Разрушающий анализ ЯМ. Разрушающий анализ ЯМ. Область применения в учете ЯМ. Программа контроля качества измерений.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		
10	Передача ЯМ. Процедуры передачи ядерных материалов. Разница отправитель-получатель. Критерий соответствия данных измерений. Специфика международных передач ЯМ. Физическая инвентаризация ядерных материалов. Определение фактически наличных ЯМ в ЗБМ. Регламентация подготовки и проведения физической инвентаризации. Начальные физические инвентаризации. Проблема кадров.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		
11	Баланс ЯМ. Баланс ядерных материалов и его интерпретация. Вид ЯМ. Межбалансовый период. Определением инвентаризационной разницы и ее погрешности с последующим статистическим анализом значимости инвентаризационной разницы. Примеры подведения баланса ЯМ и оценки значимости получаемой инвентаризационной разницы.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		
12	Компьютеризация СУиК ЯМ. Компьютеризация учета и контроля ядерных материалов. Причины компьютеризации. Необходимое программное обеспечение. Базовое программное обеспечение для компьютеризированных СУиК ЯМ. Примеры современных компьютеризированных СУиК ЯМ. Требования, предъявляемые к компьютеризированным СУиК ЯМ отраслевым стандартом ОСТ 95 10537-97 (Росатом РФ). Направления в решении проблемы информационной безопасности.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		
13	Внутригосударственный контроль ядерных материалов. Государственный контроль в надзорной форме. Организационные меры и технические средства контроля ЯМ на предприятиях. Атрибутивные признаки ЯМ. Наблюдение и сохранение. Условия эффективного контроля ЯМ.	Всего аудиторных часов		
		Онлайн		
14	Международный контроль ядерных материалов. Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ). Система гарантий МАГАТЭ. Условия осуществления гарантий МАГАТЭ. Эффективность мер гарантий.	Всего аудиторных часов		
		Онлайн		
15	Физическая защита ядерных материалов. Основные понятия физической защиты ЯМ.	Всего аудиторных часов		

	Потенциальные угрозы и модели вероятных нарушителей. Подсистемы и технические средства обнаружения и оценки ситуации. Система управления доступом.	Онлайн		
16	Физические барьеры. Физические барьеры и силы ответного реагирования. Организационные мероприятия.	Всего аудиторных часов		
		Онлайн		

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

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины используются различные образовательные технологии – занятия проводятся в форме лекций и практических (семинарских) занятий. Используются тестовые технологии, то есть специальный банк вопросов в открытой и закрытой форме, ответы на которые позволяют судить об усвоении студентом данного курса. Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы для подготовки к тестам, а так же выполнение домашнего задания.

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)
ПК-10	З-ПК-10	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-10	З, КИ-16
	В-ПК-10	З, КИ-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 – <i>«отлично»</i>	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 – <i>«хорошо»</i>	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 – <i>«удовлетворительно»</i>	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 – <i>«неудовлетворительно»</i>	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Л 94 Безопасность технологических процессов и оборудования : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2019

2. ЭИ О-75 Основы учёта, контроля и физической защиты ядерных материалов : учебное пособие для вузов, ред. : Э. Ф. Крючков, Москва: МИФИ, 2007
3. ЭИ Т38 Технические аспекты ядерного нераспространения : учебное пособие для вузов, Э. Ф. Крючков [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
4. 621.039 Т38 Технические аспекты ядерного нераспространения : учебное пособие для вузов, Э. Ф. Крючков [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2010

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 М43 Безопасность исследовательских ядерных установок (в сотрудничестве с МАГАТЭ) : тезисы докладов, 2017
2. 623 Я34 Ядерное нераспространение : учеб. пособие для вузов, Г. М. Пшакин [и др.], М.: МИФИ, 2004

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

Задания для самостоятельных занятий:

1. Правовое регулирование обращения с ядерными материалами в РФ.
2. Проблемы ядерного нераспространения и пути их решения.
3. Уязвимость урана на стадии разделения изотопов.
4. Стандарт защищенности отработанного ядерного топлива.
5. Повышение защищенности свежего ядерного топлива.
6. Влияние человеческого фактора на безопасность обращения с ЯМ.
7. Подтверждающие и выборочные измерения ЯМ при их учете и контроле.
8. Подведение баланса ядерных материалов.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Дисциплина знакомит студентов с требованиями к реакторным материалам, с их структурой и свойствами, с влиянием на них эксплуатационных факторов. По окончании изучения дисциплины студенты должны уметь обосновано выбирать оптимальные конструкционные и топливные материалы для ядерного реактора заданного типа, иметь представление о перспективных материалах.

Полученные знания будут необходимы для более глубокого понимания студентами, специализирующимися в дальнейшем на нейтронно-физических и тепло-гидравлических расчетах ядерных энергетических установок, процессов, явлений и, в особенности, факторов ограничивающих работоспособность элементов активных зон ядерных реакторов.

Автор(ы):

Глебов Василий Борисович, к.т.н.