

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
КРИТЕРИИ БЕЗОПАСНОСТИ И ОЦЕНКА РИСКА

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
9	2	72	16	16	0		40	0	3
Итого	2	72	16	16	0	0	40	0	

АННОТАЦИЯ

Данный курс посвящен вопросам системного анализа эффективности, безопасности и надежности ЯЭУ, систем физической защиты (СФЗ), учета и контроля (У и К) объектов с ядерными материалами (ЯМ). Основная цель курса дать необходимую теоретическую базу и ознакомить с методами решения задач оценки эффективности, безопасности, учета неопределенностей, возникающих в ядерной энергетике, СФЗУ и К ЯМ и при обеспечении безопасного обращения с ядерными материалами.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины состоит в том, чтобы дать будущим специалистам систематическое представление о вопросах системного анализа эффективности, безопасности и надежности ЯЭУ систем защиты, учета и контроля объектов с ядерными материалами. Особое внимание уделяется методам обоснования безопасности и количественным оценкам риска и эффективности функционирования установок и объектов с ядерными материалами. Задача оценки эффективности трактуется как оптимизационная задача с ограничениями. Уделяется особое внимание вероятностным методам, что требует для усвоения курса знания основ теории вероятностей и статистики. Даются методы учета неопределенностей. Приводится общий подход к задачам, позволяющий выбирать решения учитывая их экономический эффект. Рассматриваются общие вопросы теории надежности и графоаналитические методы. Теоретической основой курса являются: вероятностные методы, анализа надежности и методы решения оптимизационных задач. Знание материала дисциплины необходимо при выполнении дипломного проектирования, УИР, а также при практической работе выпускников по специальности.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Содержание дисциплины «Критерии безопасности и оценка риска» представляет собой развитие и закрепление знаний, полученных при обучении. В ней используются основные понятия и концепции, представляющие собой теоретическую базу, освоенную студентами. Учебный курс входит в число дисциплин, необходимых для изучения при подготовке выпускников для работы на предприятиях ядерной отрасли.

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;	Код и наименование индикатора
--	---------------------------	--	-------------------------------

		Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	достижения профессиональной компетенции
экспертный			
Обобщение результатов, проводимых научноисследовательских и опытно-конструкторских работ с целью выработка предложений по разработке новых и усовершенствованию действующих ядерно-энергетических технологий	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-9 [1] - способен оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, Анализ опыта: Оценка риска и определение мер безопасности для новых установок и технологий, составление и анализ сценариев потенциально возможных аварий, разработка методы уменьшения риска их возникновения	З-ПК-9[1] - Знать меры безопасности для новых установок и технологий и эксплуатации энергетических установок ; У-ПК-9[1] - Уметь выполнять анализ безопасности на разных уровнях ; В-ПК-9[1] - Владеть применением методов анализа безопасности в практической деятельности
проектный			
Проведение предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов	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-7 [1] - способен к проведению предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, Анализ опыта: Проведение	З-ПК-7[1] - Знать методику проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений при разработке установок и приборов ; У-ПК-7[1] - Уметь самостоятельно работать с

	обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.	предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов	отраслевыми технико-экономическими стандартами ; В-ПК-7[1] - Владеть навыками предварительного технико-экономического обоснования проектных решений при разработке установок и приборов
--	--	---	---

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>9 Семестр</i>						
1	Методы анализа и обоснования безопасности. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики. Количественные критерии приемлемого риска и экономика безопасности функционирования ЯТЦ	1-8		КР-3 (5), КР-5 (5), КР-9 (10)	25	КИ-9	3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9
2	Основные понятия теории надежности.	9-15		КР-12 (10), КР	25	КИ-16	3-ПК-9,

	Обзор методов оптимизации. Вероятностный анализ безопасности			-14 (10), КР -16 (10)			У-ПК-9, В-ПК-9
	<i>Итого за 9 Семестр</i>		16/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 9 Семестр				50	3	3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9

* – 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

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>9 Семестр</i>	16	16	0
1-8	Методы анализа и обоснования безопасности. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики. Количественные критерии приемлемого риска и экономика безопасности функционирования ЯТЦ	8	8	
1 - 2	Методы анализа и обоснования безопасности Принципы безопасности и меры ее обеспечения. Детерминистский и вероятностный подходы. Особенности протекания аварийных режимов в ЯЭУ. Барьеры безопасности. Безопасность, риск и субъективное восприятие риска. Безопасность и надежность. Проблемы безопасного и эффективного развития ядерной энергетики. Меры по охране, учету и контролю ЯМ, интеграция мер безопасности СФЗ.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		
3 - 4	Основные понятия теории вероятностей и математической статистики Основные понятия теории вероятностей и математической статистики. Случайные события и величины. Формула полной вероятности и формула Байеса. Формула Бернулли. Основные законы распределения дискретных и непрерывных случайных величин и их параметры. Закон больших чисел. Центральная предельная теорема и следствия из нее. Регрессия и корреляция. Случайные	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		

	процессы.			
5 - 6	Количественные критерии приемлемого риска и экономика безопасности функционирования ЯТЦ Основные количественные критерии приемлемого риска и экономика безопасности функционирования ЯТЦ. Социальный, экономико-экологический и медико-биологический характер риска. Количественные оценки приемлемого риска. Безопасность как экономический фактор. Цена риска. Дисконтирование ущерба и эквивалентирование различных видов риска. Возможность экономической оптимизации мер безопасности.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		
7 - 8	Основные понятия теории надежности Основные понятия теории надежности. Классификация методов оценки надежности и безопасности: логико-вероятностные (графоаналитические) и методы базирующиеся на дискретных марковских процессах. Выбор решения в условиях риска и неопределенности. Формализация задач проектирования и анализа эффективности ЯЭУ. Оценка эффективности и безопасности как оптимизационная задача. Общие вопросы учета неопределенности информации при оптимизации.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		
9-15	Основные понятия теории надежности. Обзор методов оптимизации. Вероятностный анализ безопасности	8	8	
9 - 10	Обзор методов оптимизации Обзор методов оптимизации. Линейное и нелинейное программирование. Методы оптимизации, основанные на последовательном анализе вариантов. Основы динамического программирования. Принцип оптимальности Беллмана. Численные реализации схем динамического программирования. Оптимизационный подход к оценке безопасности.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		
11 - 13	Вероятностный анализ безопасности Вероятностный анализ безопасности. Основные цели выполнения ВАБ. Объем и содержание ВАБ. Количественные показатели, используемые при проведении ВАБ. Разработка вероятностных моделей безопасности. Оценка интенсивностей и частот исходных событий. Методика анализа систем безопасности (качественный и количественный анализ). Методика построения дерева отказов. Анализ надежности персонала и зависимых отказов. Анализ значимости и чувствительности.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		
14 - 15	Графоаналитические методы Особенности применения графоаналитических методов ВАБ и методов оптимизации при проектировании и анализе эффективности СФЗ. Определение целей диверсантов. Нежелательные последствия. Логические схемы. Идентификация жизненно-важных участков. Идентификация происшествий. Анализ дерева отказов в случае саботажа. Модели: вероятности прерывания последовательности действий EASI и систематического анализа уязвимости и проникновения SAVI.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		

16	Методы оценки эффективности систем учета и контроля Методы оценки эффективности систем учета и контроля ядерных материалов. Эффективность инвентаризаций на основе понятий теории информации. Понятие и основные свойства информационной энтропии.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		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

Предусматривается использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

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-7	З-ПК-7	КИ-9
	У-ПК-7	КИ-9
	В-ПК-7	КИ-9
ПК-9	З-ПК-9	З, КИ-9, КИ-16, КР-3, КР-5, КР-9, КР-12, КР-14, КР-16
	У-ПК-9	З, КИ-9, КИ-16, КР-3, КР-5, КР-9, КР-12, КР-14, КР-16
	В-ПК-9	З, КИ-9, КИ-16, КР-3, КР-5, КР-9, КР-12, КР-14, КР-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 – «неудовлетворительно»	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 Ф 34 Лекции по анализу случайных явлений : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2016

2. ЭИ И 20 Математика. Задачи повышенной трудности для студентов вузов : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2019
3. ЭИ С14 Управление операционным риском АЭС : учебное пособие, Б. В. Сазыкин, А. Г. Краев, В. П. Климов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
4. ЭИ Г37 Критерии безопасности, оценка эффективности и риска в задачах защиты ядерных объектов и материалов : учебное пособие для вузов, Н. И. Гераскин, Москва: МИФИ, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 Б30 Методы оценки и обеспечения безопасности ЯЭУ : , А. М. Бахметьев, О. Б. Самойлов, Г. Б. Усынин, М.: Энергоатомиздат, 1988
2. 621.039 К48 Надежность ядерных энергетических установок : Основы расчета, А.И. Клемин, М.: Энергоатомиздат, 1987
3. 517 М74 Методы оптимизации : Учеб.пособие для вузов, Моисеев Н.Н.,Иванилов Ю.П.,Столярова Е.М., М.: Наука, 1978
4. 621.039 С17 Безопасность ядерных энергетических установок : Учеб. пособие для вузов, О. Б. Самойлов, Г. Б. Усынин, А. М. Бахметьев, М.: Энергоатомиздат, 1989

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

При изучении курса «Критерии оценки риска» необходимо твердо усвоить основные понятия, определения и задачи теории вероятностей и статистики, методы учета неопределенностей, общий подход к задачам, позволяющий выбирать решения, учитывая их экономический эффект, общие вопросы теории надежности и графоаналитические методы, методы анализа надежности и методы решения оптимизационных задач.

Необходимо научиться оценивать эффективность, безопасность, надежность оценок неопределенностей, возникающих в ядерной энергетике, ФЗУ и К ЯМ и при обеспечении безопасного обращения с ЯМ. Нужно научиться самостоятельному принятию решений при

разработке ядерно-энергетических установок (ЯЭУ) различных типов и анализе новых реакторных концепций, при проведении комплексных системных исследований.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В помощь лектору, а также преподавателям, ведущим практические и лабораторные занятия по курсу «Критерии безопасности и оценка риска» рекомендуется использовать следующие учебные пособия, методические и справочные материалы.

В качестве основной литературы

1. Н.И. Гераскин Критерии безопасности, оценка эффективности и риска в задачах защиты ядерных объектов и материалов. Учебное пособие. М , МИФИ, 2008,удк 621.039.58 (075)
2. Самойлов О.Б., Усынин Г.Б., Бахметьев А.М. Безопасность ядерных энергетических установок: Учебное пособие для вузов - М.:Энергоатомиздат, 1989, 621.039 С17
3. Моисеев Н.Н., Иванюков Ю.П., Столяров Е.М. Методы оптимизации. - М. Наука, 1978. 517.075 М74
4. Клемин А.И. Надежность ядерных энергетических установок.-М.: Энергоатомиздат, 1987. 621.039 К48

В случае необходимости дополнительную информацию по вопросам, затрагиваемым в курсе «Критерии безопасности и оценка риска», можно получить, используя следующие печатные материалы:

1. Вероятностный анализ безопасности. - Москва. ЯО, 1992.
2. Методика проектирования систем физической защиты (СФЗ). SNL, 1997.
3. Основы оценки уязвимости объектов. УМЦУК ЯМ. Обнинск.1998.
4. Архангельский В.А., Горбатенко В.М., Злобин А.М.и др. Методика оценки эффективности физических инвентаризаций. РФЯЦ-ВНИИЭФ. Материалы Международной конференции по учету, контролю и физ. защите ЯМ. Обнинск.1997.
5. Справочник по ядерной энерготехнологии. (пер.с англ.под ред.В.А. Легасова). М. Энергоатомиздат, 1989.. Под ред. В.А.Орлова. М. Центр ПИР,2000.

Необходимо дать студентам систематическое представление о вопросах системного анализа эффективности, безопасности и надежности ЯЭУ систем защиты, учета и контроля объектов с ядерными материалами. Особое внимание нужно уделить методам обоснования безопасности и количественным оценкам риска и эффективности функционирования установок и объектов с ядерными материалами, а также вероятностным методам, что требует для усвоения курса знания основ теории вероятностей и статистики.

Учебная задача курса: дать необходимую теоретическую базу и ознакомить с методами решения задач оценки эффективности, безопасности, надежности оценке неопределенностей возникающих в ядерной энергетике, ФЗУ и К ЯМ и при обеспечении безопасного обращения с ЯМ. Подготовить будущих специалистов к самостоятельному принятию решений при

разработке ядерно-энергетических установок (ЯЭУ) различных типов и анализе новых реакторных концепций, при проведении комплексных системных исследований.

Автор(ы):

Гераскин Николай Иванович, к.т.н., доцент