

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ЗАМКНУТОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/0821-573.1

от 31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭКОЛОГИЯ ЗАМКНУТОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.04.02 Ядерные физика и технологии

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, экс./зач./КР/КП
3	5	180	8	40	0		96	0	Э КР
Итого	5	180	8	40	0	24	96	0	

АННОТАЦИЯ

Курс посвящен рассмотрению инноваций в атомной энергетике, которые должны устранить те недостатки, которые ей присущи в настоящее время. Рассматриваются особенности ядерных технологий реакторов деления, проект «Прорыв» и его преимущества с точки зрения безопасности.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В атомной энергетике необходимо исключить возможность тяжелых аварий, связанных с расплавлением активной зоны и необходимостью эвакуации населения. Технологии должны быть эффективными, а для этого безопасными при приемлемых экономических показателях.

Целью дисциплины «Безопасность, экология замкнутого ядерного топливного цикла» является рассмотрение инноваций в атомной энергетике, которые должны устранить те недостатки, которые ей присущи в настоящее время.

Среди задач курса ознакомление студентов:

- с нормативной и законодательной базой обеспечения радиационной и экологической безопасности;
- с вопросами экологической безопасности отдельных стадий ядерного топливного цикла;
- с принципами оптимизации расходов на безопасность;
- с инновационными проектами и применяемыми в них подходами к обеспечению безопасности.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Учебная программа соответствует требованиям образовательного стандарта высшего образования национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» по направлению 14.04.02 - Ядерные физика и технологии, «Профессиональный модуль», «Дисциплины по выбору».

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УКЦ-2 [1] – Способен к самообучению, самоактуализации и саморазвитию с использованием различных цифровых технологий в условиях их непрерывного совершенствования	З-УКЦ-2 [1] – Знать основные цифровые платформы, технологи и интернет ресурсы используемые при онлайн обучении У-УКЦ-2 [1] – Уметь использовать различные цифровые технологии для организации обучения В-УКЦ-2 [1] – Владеть навыками самообучения, самоактуализации и саморазвития с использованием различных цифровых технологий

--	--

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
научно- исследовательский			
Выработка направлений и проведение прикладных научных исследований в области по повышению эффективности и безопасности объектов использования атомной энергии.	Объекты использования атомной энергии.	ПК-3 [1] - Способен оценивать перспективы развития атомной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательской деятельности <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008	З-ПК-3[1] - Знать достижения научно-технического прогресса ; У-ПК-3[1] - Уметь применять полученные знания к решению практических задач.; В-ПК-3[1] - владеть методами моделирования физических процессов.
		ПК-6 [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>	
		ПК-11 [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>	
	инновационный		
Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования, обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.	Ядерные энерготехнологии нового поколения; функциональные и конструкционные материалы ядерных реакторов; программные комплексы и математические модели для теоретического и расчетно-аналитического анализа безопасности АЭС, объекты использования атомной энергии и ядерного наследия, в части научно-технического и организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности.	ПК-6.1 [1] - Способен применять полученные знания для разработки новой технологической платформы атомной энергетики с вовлечением в топливный цикл урана-238 и продуктов переработки отработавшего ядерного топлива. <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-6.1[1] - Знать промышленно-реализованные и перспективные технологии переработки отработавшего ядерного топлива реакторов на быстрых нейтронах, требования к конечным продуктам переработки отработавшего ядерного топлива, основные методы обращения с радиоактивными отходами.; У-ПК-6.1[1] - Уметь применять полученные знания в производственной и научной деятельности.; В-ПК-6.1[1] - Владеть методами обеспечения ядерной безопасности и взрыво- и пожаробезопасности применительно к технологиям переработки отработавшего ядерного топлива.
Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического	Ядерные энерготехнологии нового поколения; функциональные и конструкционные материалы ядерных реакторов; программные комплексы и	ПК-6.4 [1] - Способен освоить специальные знания и практические навыки в области регулирования и обоснования безопасности объектов использования атомной энергии и ядерного	З-ПК-6.4[1] - Знать основы государственной политики Российской Федерации в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности.; У-ПК-6.4[1] - Уметь

<p>оборудования, обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.</p>	<p>математические модели для теоретического и расчетно-аналитического анализа безопасности АЭС, объекты использования атомной энергии и ядерного наследия, в части научно-технического и организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности.</p>	<p>наследия. <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>делать анализ объектов использования атомной энергии и ядерного наследия, в части научно-технического и организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности.; В-ПК-6.4[1] - Владеть компетенциями связанными с содействием в реализации международных обязательств Российской Федерации по формированию инфраструктуры регулирования безопасности в странах, выступающих заказчиками сооружения АЭС по российским проектам, в части формирования и развития компетенций персоналом национальных органов регулирования безопасности при использовании атомной энергии и их организаций научно-технической поддержки.</p>
--	---	--	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (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	Экологическая безопасность различных стадий ядерного топливного цикла	1-8	4/20/0	КИ-8 (25)	25	КИ-8	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-6.1, У-ПК-6.1, В-ПК-6.1, 3-ПК-6.4, У-ПК-6.4, В-ПК-6.4, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6
2	Принципы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок	9-16	4/20/0	КИ-16 (25)	25	КИ-16	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-

							6.1, У- ПК- 6.1, В- ПК- 6.1, 3-ПК- 6.4, У- ПК- 6.4, В- ПК- 6.4, 3-ПК- 11, У- ПК- 11, В- ПК- 11, 3-ПК- 6, У- ПК-6, В- ПК-6
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		8/40/0		50		
	Контрольные мероприятия за 3 Семестр				50	Э, КР	3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 6, У- ПК-6, В- ПК-6, 3-ПК- 6.1, У- ПК- 6.1, В- ПК- 6.1, 3-ПК- 6.4,

							3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-6.1, У-ПК-6.1, В-ПК-6.1, 3-ПК-6.4, У-ПК-6.4, В-ПК-6.4, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6.4, В-ПК-6.4, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, 3-УКЦ-
--	--	--	--	--	--	--	---

							2, У- УКЦ- 2, В- УКЦ- 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

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>3 Семестр</i>	8	40	0
1-8	Экологическая безопасность различных стадий ядерного топливного цикла	4	20	0
1 - 8	Экологическая безопасность различных стадий ядерного топливного цикла Особенности ядерных технологий, основанных на реакции деления ядер, с точки зрения безопасности. Подходы к определению безопасности. Нормативная и законодательная база обеспечения радиационной и экологической безопасности. Принципиальная схема замкнутого ядерного топливного цикла. Преимущества и недостатки различных типов ЯТЦ. ЯТЦ в разных странах. Добыча природного урана. Основные стадии получения и первичного механического обогащения. Получение химических концентратов урана методами сорбции и экстракции. Получение гексафторида урана. Основные методы получения обогащенного урана (электромагнитный, газодиффузионный, центробежный, лазерный и плазменный методы). Накопление U-236 и его влияние на экономику топливного цикла. Виды ядерного топлива, теплофизические и ядерные свойства с точки зрения безопасности ядерного реактора. Требования к ТВЭЛ и ТВС. Изготовления и контроль качества ТВЭЛ. Влияние реакторного облучения на характеристики ТВЭЛ. Затраты на изготовление ТВЭЛ. Характеристики облученного топлива энергетических	Всего аудиторных часов		
		4	20	0
		Онлайн		
		0	0	0

	<p>реакторов. Выдержка отработавшего топлива в ТВС в бассейнах реакторного зала. Транспортировка отработавших ТВС, требования ядерной и радиационной безопасности к транспортным контейнерам. Хранение облученного топлива на радиохимических заводах, устройства хранилищ и меры безопасности.</p> <p>Механическая, химическая и электрохимическая, пирометаллургическая разделка ТВЭЛ и ТВС. Меры по защите от радиоактивной пыли и подавлению выделения водорода. Водные методы переработки облученного топлива. Особенности переработки облученного топлива реакторов на быстрых нейтронах. Неводные методы переработки облученного топлива.</p> <p>Применение радиоизотопов из отработавшего ядерного топлива. Применение Pu-238. Применение изотопов трансплутониевых элементов и изотопов благородных металлов. Утилизация радиоактивных отходов. Анализ способов захоронения РАО, схема утилизации РАО на РХЗ.</p>			
9-16	Принципы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок	4	20	0
9 - 16	Принципы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок Основные принципы и критерии обеспечения безопасности ядерных энергетических установок. Анализ аварий, вероятностный анализ безопасности. Описание систем безопасности и систем, важных для безопасности, сценарии основных проектных и запроектных аварий использующихся и перспективных ЯЭУ. Оптимизация расходов на безопасность. Недостатки доминирующих современных технологий (ВВЭР/PWR и ОЯТЦ) с точки зрения безопасности. Инновационные проекты.	Всего аудиторных часов		
		4	20	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 - 16	<p>Темы практических занятий</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Типовая схема ядерного топливного цикла. Коэффициент возврата топлива в цикл. 2. Радиационное воздействие при добыче и гидратации руды. 3. Показатели эффективности разделительных аппаратов. Понятие единицы работы разделения. 4. Радиоэкологические последствия обогащения топлива. 5. Качественный анализ технологий подготовки РАО к хранению. 6. Экологическая безопасность эксплуатации и контроль за деятельностью АЭС. 7. Источники поступления радиоактивных продуктов АЭС в окружающую среду, основные радионуклиды АЭС и их воздействие на человека. 8. Показатели безопасности установок ЯТЦ. Облучение персонала. 9. Аварии на предприятиях ядерного топливного цикла (ядерные аварии, утечки UF₆, пожар и экзотермические реакции, утечка радиоактивного материала, нарушение электроснабжения). 10. Основные принципы вывода из эксплуатации установок ядерного топливного цикла. Технология вывода из эксплуатации установок начальной стадии ЯТЦ. 11. Вывод из эксплуатации установок заключительной стадии ЯТЦ.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы курса «Безопасность, экология замкнутого ядерного топливного цикла» используются различные образовательные технологии. Аудиторные занятия проводятся в интерактивных классах. Особое внимание студентов обращается на дополнительную литературу и интернет-ресурсы, где впоследствии они самостоятельно смогут получать актуальную информацию по читаемым темам, а также брать материал для рефератов. Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала, а также написание реферата.

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-11	3-ПК-11	КР, Э, КИ-8, КИ-16

	У-ПК-11	КР, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-11	КР, Э, КИ-8, КИ-16
ПК-3	З-ПК-3	КР, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3	КР, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3	КР, Э, КИ-8, КИ-16
ПК-6	З-ПК-6	КР, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-6	КР, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-6	КР, Э, КИ-8, КИ-16
ПК-6.1	З-ПК-6.1	КР, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-6.1	КР, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-6.1	КР, Э, КИ-8, КИ-16
ПК-6.4	З-ПК-6.4	КР, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-6.4	КР, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-6.4	КР, Э, КИ-8, КИ-16
УКЦ-2	З-УКЦ-2	КР
	У-УКЦ-2	КР
	В-УКЦ-2	КР

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 твердо 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.
---------	------------------------------	---	---

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ А10 A History of Radionuclide Studies in the UK : 50th Anniversary of the British Nuclear Medicine Society, Cham: Springer International Publishing, 2016
2. ЭИ М55 Mental Health and Social Issues Following a Nuclear Accident : The Case of Fukushima, Tokyo: Springer Japan, 2016
3. ЭИ F52 Three Mile Island, Chernobyl and Fukushima : Curse of the Nuclear Genie, Cham: Springer International Publishing, 2016
4. ЭИ С 88 Геоэкология : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
5. ЭИ Д 33 Экология и охрана окружающей среды. Практикум : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2022

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 З-40 Защита окружающей среды в замкнутом ядерном топливном цикле и проблема нераспространения ядерного оружия : учебник, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
2. 621.039 О-88 Отчет об основных исследовательских работах, выполненных в 2013г. : , Димитровград: Научно-исследовательский институт атомных реакторов, 2014
3. 621.039 Ф50 Физико-технические основы современной ядерной энергетики. Перспективы и экологические аспекты : учебное пособие, Долгопрудный: Интеллект, 2014
4. 621.039 ЯЗ4 Ядерные технологии : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
5. 621.039 К89 Экологическая безопасность объектов использования атомной энергии : учебное пособие для вузов, В. М. Кузнецов, Х. Д. Чеченов, В. С. Никитин, Москва: НИПКЦ Восход-А, 2010
6. 621.039 А28 Экологически безупречная ядерная энергетика : , Е. О. Адамов, И. Х. Ганев, Москва: НИКИЭТ им. Н.А. Доллежала, 2007

7. 621.039 Б43 Белая книга ядерной энергетики : , Под ред. Адамова Е.О., М.: ГУП НИКИЭТ, 2001

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<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

Цель методических рекомендаций для студента – оптимизация процесса изучения данной дисциплины.

Материалы учебно-методического комплекса выдаются в электронном виде. Эти материалы не являются дословным изложением лекций и семинаров, а лишь их кратким содержанием. Они должны активно использоваться при подготовке к написанию контрольной работы и экзамену.

Следует помнить, что в экзаменационные вопросы не входит материал, который не был прочитан на лекциях или обсужден на семинарах. Тем не менее, для целей эффективного использования полученных знаний и написания рефератов рекомендуется ознакомиться с интернет – ресурсами и литературой. В рекомендованной литературе, особенно выдаваемой в электронном виде, изучаемые вопросы рассматриваются более глубоко, их изучение повышает квалификацию будущего специалиста.

Темы рефератов обсуждаются на лекциях, поэтому рекомендуется писать их последовательно по мере изучения материала на занятиях. При написании рефератов обязательно следует ознакомиться с требованиями, рекомендациями и критериями оценки.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

При реализации программы курса «Безопасность, экология замкнутого ядерного топливного цикла» используются различные образовательные технологии. Аудиторные занятия проводятся в интерактивных классах. Особое внимание студентов обращается на дополнительную литературу и интернет-ресурсы, где впоследствии они самостоятельно смогут получать актуальную информацию по читаемым темам, а также брать материал для рефератов. Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала, а также написание реферата.

Автор(ы):

Удалова Алла Александровна, д.б.н.

Рецензент(ы):

Тихомиров Г.В.