

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

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/0821-573.1

от 31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
СПЕЦИАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ЗАЩИЩЕННОСТЬ ЯДЕРНО-ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

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		24	16	3
Итого	2	72	16	16	0	0	24	16	

АННОТАЦИЯ

Основным содержанием учебной дисциплины «Специальные материалы и защищенность ядерного топливного цикла» является описание современных ядерных технологий, используемых на различных стадиях топливного цикла гражданской ядерной энергетики, начиная с добычи урановой руды и кончая захоронением радиоактивных отходов. В рамках учебной дисциплины «Специальные материалы и защищенность ядерного топливного цикла» студенты будут ознакомлены с основными принципами и современным состоянием ядерных технологий; с опасностью ядерных технологий для окружающей среды и для режима нераспространения ядерного оружия.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины «Специальные материалы и защищенность ЯТЦ» является знакомство будущих магистров с техническими аспектами обеспечения нераспространения в условиях перехода ядерной энергетики на замкнутый топливный цикл.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Учебная дисциплина «Специальные материалы и защищенность ЯТЦ» изучается на 3-м семестре магистратуры.

Для усвоения дисциплины используются знания по основам ядерных технологий, безопасности атомных станций, обращения с радиоактивными отходами. Помимо этого, необходимо знакомство с дисциплинами по учету, контролю и физической защите ядерных материалов.

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
	экспертный		
Обобщение результатов, проводимых научноисследовательских и опытно-	Атомный ледокольный флот Атомные электрические	ПК-9 [1] - способен оценивать риск и определять меры безопасности для	З-ПК-9[1] - Знать меры безопасности для новых установок и технологий и

конструкторских работ с целью выработка предложений по разработке новых и усовершенствованию действующих ядерно-энергетических технологий	станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	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
---	---	---	--

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	Часть 1 Ядерная энергетика и нераспространение. Замкнутый топливный цикл. Двойственность ядерных технологий: мирное и военное использование.	1-4			10	КИ-4	
2	Часть 2 Оружейные ядерные материалы.	5-8			10	КИ-8	
3	Часть 3 Ядерный топливный цикл.	9-16			30	ИЗ-16	
	<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
ИЗ	Индивидуальное задание
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>9 Семестр</i>	16	16	0
1-4	Часть 1 Ядерная энергетика и нераспространение. Замкнутый топливный цикл. Двойственность ядерных технологий: мирное и военное использование.	4	4	
1	☐ Концепция устойчивого развития ядерной энергетики. ☐ Концепция устойчивого развития ядерной энергетики.	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		
2	☐ Ядерные технологии как технологии двойного назначения. ☐ Ядерные технологии как технологии двойного назначения.	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		
3	☐ Необходимость перехода на замкнутый топливный цикл. ☐ Необходимость перехода на замкнутый топливный цикл.	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		
4	☐ Понятие ядерного оружия и ядерного взрывного устройства. ☐ Понятие ядерного оружия и ядерного взрывного устройства.	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		
5-8	Часть 2 Оружейные ядерные материалы.	4	4	
5 - 6	☐ Нераспространение как необходимый элемент развития ядерной энергетики. ☐ Нераспространение как необходимый элемент развития ядерной энергетики.	Всего аудиторных часов		
		2	2	
		Онлайн		
7	☐ Оружейные ядерные материалы. ☐ Оружейные ядерные материалы.	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		
8	☐ Принцип действия и особенности конструкции ядерного взрывного устройства.	Всего аудиторных часов		
		1	1	

	☐ Принцип действия и особенности конструкции ядерного взрывного устройства.	Онлайн		
9-16	Часть 3 Ядерный топливный цикл.	8	8	
9	☐ Факторы, влияющие на протекание цепной реакции деления взрывного характера.	Всего аудиторных часов		
	☐ Факторы, влияющие на протекание цепной реакции деления взрывного характера.	1	1	
		Онлайн		
10	☐ Наработка плутония в реакторах разных типов.	Всего аудиторных часов		
	☐ Наработка плутония в реакторах разных типов.	1	1	
		Онлайн		
11	☐ Стадии открытого и замкнутого ядерного топливного цикла.	Всего аудиторных часов		
	☐ Стадии открытого и замкнутого ядерного топливного цикла.	1	1	
		Онлайн		
12	☐ Чувствительные ядерные технологии.	Всего аудиторных часов		
	☐ Чувствительные ядерные технологии.	1	1	
		Онлайн		
13 - 14	☐ Анализ уязвимости предприятий ЯТЦ с точки зрения обеспечения режима нераспространения.	Всего аудиторных часов		
	☐ Анализ уязвимости предприятий ЯТЦ с точки зрения обеспечения режима нераспространения.	2	2	
		Онлайн		
15 - 16	☐ Международное сотрудничество в области ядерного топливного цикла и нераспространения.	Всего аудиторных часов		
	☐ Международное сотрудничество в области ядерного топливного цикла и нераспространения.	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

Компьютеры, объединенные в сеть и имеющие выход в Интернет, медиапроектор.

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-9	З-ПК-9	3
	У-ПК-9	3
	В-ПК-9	3

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 Г68 Безопасность ядерных объектов : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
2. ЭИ О-11 О потенциале гибридных (синтез-деление) наработчиков топлива для ядерных реакторов (стабилизированные размножающие свойства, глубокое выгорание, защищенное топливо) : Монография, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 32 К90 Международная безопасность : учеб. пособие для вузов, В. М. Кулагин, Москва: Аспект Пресс, 2006
2. 623 Я34 Ядерное нераспространение : учеб. пособие для вузов, Г. М. Пшакин [и др.], М.: МИФИ, 2004
3. 621.039 Г20 Ядерное нераспространение : Учеб. пособие, Гарднер Г.Т.;Пер.с англ., М.: МИФИ, 1995
4. 32 Т41 Россия и ядерное нераспространение. 1945 - 1968 : , Р. М. Тимербаев, М.: Наука, 1999
5. 623 Я34 Ядерное нераспространение Т.1 , Ред. В.А. Орлов, Н.Н. Соков, М.: ПИР - Центр полит. иссл., 2002
6. 623 Я34 Ядерное нераспространение Т.2 , Ред. И.А.Ахтамзян, М.: ПИР - Центр полит. иссл., 2002

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 «Специальные материалы и защищенность ядерного топливного цикла» необходимо твердо усвоить базовые понятия курса: ядерные материалы, ядерное топливо, ядерные технологии, ядерный топливный цикл. Надо знать основные стадии ядерного топливного цикла (открытого и замкнутого) и уметь оценивать эти стадии с точки зрения экологии и опасности для режима нераспространения ядерного оружия.

Необходимо владеть информацией об основных ядерных технологиях, используемых на различных стадиях ядерного топливного цикла. Для начальной стадии ядерного топливного цикла необходимо ознакомиться с данными по мировым запасам природных ядерных материалов и темпах их добычи, а также знать ядерные технологии, используемые при добыче и первичной переработке урановой руды.

Для стадии изотопного обогащения урана надо уметь пользоваться понятиями материального баланса, эффективности и энергоемкости обогащательных технологий, иметь представление об идеологии разделительных работ. Необходимо изучить принципы действия и отличительные особенности основных ядерных технологий, используемых для изотопного обогащения урана (электромагнитная и газо-диффузионная технология, газовые центрифуги, разделительное сопло, химические, лазерные и плазменные методы), и уметь оценить их опасность для режима нераспространения.

Для стадии изготовления ядерного топлива необходимо знать основные свойства физические и радиационные свойства диоксида урана, изучить технологии конверсии обогащенного гексафторида урана в окисный порошок и изготовления таблеток. Особое внимание следует уделить технологии изготовления смешанного уран-плутониевого оксидного топлива и основным стадиям изготовления ТВЭЛов и ТВС.

Для стадии использования ядерного топлива на АЭС необходимо владеть информацией об основных стратегиях и технологиях, используемых для перегрузок топлива в реакторах различного типа.

Для стадии химической переработки облученного ядерного топлива необходимо знать основные перерабатывающие технологии (водная экстракционная технология, неводные пирохимические и пирометаллургические технологии) и уметь сравнивать их по степени воздействия на окружающую среду и по опасности для режима нераспространения.

Для заключительной стадии ядерного топливного цикла (переработка и захоронение радиоактивных отходов) необходимо знать основные применяющиеся технологии, владеть информацией о проектах геологических хранилищ радиоактивных отходов и об условиях их подземного захоронения.

Для освоения курса «Специальные материалы и защищенность ядерного топливного цикла» рекомендуются следующие основные учебные и учебно-методические пособия:

1. Апсэ В.А., Шмелев А.Н. Ядерные технологии. М.: МИФИ, 2008.
2. Пшакин Г.М. и др. Ядерное нераспространение. М.: МИФИ, 2006.
3. Ран Ф. и др. Справочник по ядерной энерготехнологии. М.: Энергоатомиздат, 1989.
4. Синев Н.М., Батуров Б.Б. Экономика ядерной энергетики. Основы технологии и экономики ядерного топлива. М.: Энергоатомиздат, 1984.
5. Землянухин В.И. и др. Радиохимическая переработка ядерного топлива АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1989.

В случае необходимости дополнительную информацию по вопросам, затрагиваемым в курсе «Специальные материалы и защищенность ядерного топливного цикла», можно получить, используя следующие учебники и учебные пособия:

1. Бабаев Н.С. и др. Ядерная энергетика, человек и окружающая среда. М.: Энергоиздат, 1981.
2. Колобашкин В.М. и др. Радиационные характеристики облученного ядерного топлива. М.: Энергоатомиздат, 1983.
3. Громов В.В. и др. Химическая технология облученного ядерного топлива. М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Бескоровайный Н.М. и др. Конструкционные материалы ядерных реакторов. М.: Энергоатомиздат, 1995.
5. Урсу И. Физика и технология ядерных материалов. М.: Энергоатомиздат, 1988.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В помощь лектору, а также преподавателям, ведущим занятия по курсу «Специальные материалы и защищенность ядерного топливного цикла», рекомендуется использовать следующие учебные пособия, методические и справочные материалы.

В качестве основной литературы

1. Апсэ В.А., Шмелев А.Н. Ядерные технологии. М.: МИФИ, 2008.
2. Пшакин Г.М. и др. Ядерное нераспространение. М.: МИФИ, 2006.
3. Ран Ф. и др. Справочник по ядерной энерготехнологии. М.: Энергоатомиздат, 1989.
4. Синев Н.М., Батуров Б.Б. Экономика ядерной энергетики. Основы технологии и экономики ядерного топлива. М.: Энергоатомиздат, 1984.
5. Землянухин В.И. и др. Радиохимическая переработка ядерного топлива АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1989.

В случае необходимости дополнительную информацию по вопросам, затрагиваемым в курсе «Специальные материалы и защищенность ядерного топливного цикла», можно получить, используя следующие учебники и учебные пособия:

1. Бабаев Н.С. и др. Ядерная энергетика, человек и окружающая среда. М.: Энергоиздат, 1981.
2. Колобашкин В.М. и др. Радиационные характеристики облученного ядерного топлива. М.: Энергоатомиздат, 1983.
3. Громов В.В. и др. Химическая технология облученного ядерного топлива. М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Бескоровайный Н.М. и др. Конструкционные материалы ядерных реакторов. М.: Энергоатомиздат, 1995.
5. Урсу И. Физика и технология ядерных материалов. М.: Энергоатомиздат, 1988.

Для начала необходимо ознакомить студентов с базовыми понятиями курса: ядерные материалы, ядерное топливо, ядерные технологии, ядерный топливный цикл. Надо дать общий

обзор основных стадий ядерного топливного цикла (открытого и замкнутого) и оценить эти стадии с точки зрения экологии и привлекательности для распространения ядерного оружия.

Далее следует последовательно описывать основные ядерные технологии, используемые на различных стадиях ядерного топливного цикла.

Необходимо рассказать студентам о природных ядерных материалах, их мировых запасах и темпах добычи, а затем описать ядерные технологии, используемые при добыче и первичной переработке урановой руды.

Затем, переходя к изотопному обогащению урана, надо ввести понятия эффективности и энергоемкости обогатительных технологий, дать студентам представление об идеологии разделительных работ, а затем описать основные ядерные технологии, используемые для изотопного обогащения урана (электромагнитная и газо-диффузионная технология, газовые центрифуги, разделительное сопло, химические, лазерные и плазменные методы), и оценить их опасность для режима нераспространения.

Описывая следующую стадию ядерного топливного цикла (изготовление ядерного топлива) необходимо рассказать студентам о диоксиде урана, о технологиях конверсии обогащенного гексафторида урана в окисный порошок и изготовления таблеток. Здесь следует остановиться на специфических особенностях изготовления смешанного уран-плутониевого оксидного топлива. Затем надо рассказать об основных стадиях изготовления ТВЭЛов и ТВС.

Описывая следующую стадию ядерного топливного цикла (использование ядерного топлива на АЭС) необходимо рассказать студентам о стратегиях и технологиях, используемых для перегрузок топлива в реакторах различного типа.

Описывая следующую стадию ядерного топливного цикла (химическая переработка облученного ядерного топлива) необходимо описать основные перерабатывающие технологии (водная экстракционная технология, неводные пирохимические и пирометаллургические технологии) и сравнить по степени воздействия на окружающую среду и по опасности для режима нераспространения.

Описывая заключительную стадию ядерного топливного цикла (переработка и захоронение радиоактивных отходов) необходимо рассказать студентам о применяющихся для этого технологиях, о проектах геологических хранилищ радиоактивных отходов и об условиях их подземного захоронения.

Автор(ы):

Шмелёв Анатолий Николаевич, д.т.н., профессор