

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ ЯДЕРНЫХ  
РЕАКТОРОВ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 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, кредит.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КРП, 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 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 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 является знакомство студентов с техническими аспектами обеспечения нераспространения в условиях перехода ядерной энергетики на замкнутый топливный цикл.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

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:	
<b>Задача профессиональной деятельности (ЗПД)</b>	<b>Объект или область знания</b>
Обобщение результатов, проводимых научноисследовательских и опытно-конструкторских работ с целью выработка предложений по разработке новых и	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в
<b>экспертный</b>	
ПК-9 [1] - способен оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии	3-ПК-9[1] - Знать меры безопасности для новых установок и технологий и эксплуатации энергетических установок ; У-ПК-9[1] - Уметь

усовершенствованию действующих ядерно-энергетических технологий	области ядерной физики и технологий	потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.009, 24.078	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
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)	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 (В19)	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/ 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	Первый раздел	1-8	8/8/0		25	КИ-8	3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9
2	Второй раздел	9-16	8/8/0		25	КИ-16	3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9
<i>Итого за 9 Семестр</i>							
	<b>Контрольные мероприятия за 9 Семестр</b>		16/16/0		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
3	Зачет

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>9 Семестр</i>	16	16	0
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	8	8	0
1 - 2	Концепция устойчивого развития ядерной энергетики. Концепция устойчивого развития ядерной энергетики.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0	0
3 - 4	<b>Ядерные технологии как технологии двойного назначения.</b> Ядерные технологии как технологии двойного назначения.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0	0
5 - 6	<b>Необходимость перехода на замкнутый топливный цикл.</b> Необходимость перехода на замкнутый топливный цикл.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0	0
7 - 8	<b>Нераспространение как необходимый элемент развития ядерной энергетики.</b> Нераспространение как необходимый элемент развития ядерной энергетики.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0	0
<b>9-16</b>	<b>Второй раздел</b>	8	8	0
9 - 10	<b>Оружейные ядерные материалы.</b> Оружейные ядерные материалы.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0	0
11 - 12	<b>Принцип действия и особенности конструкции ядерного взрывного устройства.</b> Принцип действия и особенности конструкции ядерного взрывного устройства.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0	0
13 - 14	<b>Факторы, влияющие на протекание цепной реакции деления взрывного характера.</b> Факторы, влияющие на протекание цепной реакции деления взрывного характера.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0	0
15 - 16	<b>Наработка plutония в реакторах разных типов.</b> Наработка plutония в реакторах разных типов.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 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
----	--------------------

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Традиционные технологии и методы обучения, компьютерные и мультимедийные средства обучения.

## 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	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-9	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-9	З, КИ-8, 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 – «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		B	
75-84		C	
70-74	4 – «хорошо»	D	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
65-69			
60-64	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.
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.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

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 необходимо твердо усвоить базовые понятия курса: ядерные материалы, ядерное топливо, ядерные технологии, ядерный топливный цикла, 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 обогатительных технологий, иметь представление об идеологии разделительных работ. Необходимо изучить принципы действия и

отличительные особенности основных ядерных технологий, используемых для изотопного обогащения урана (электромагнитная и газодиффузионная 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.

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

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 диокside 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.

Рекомендуется использовать учебные пособия, методические и справочные материалы.

Автор(ы):

Апсэ Владимир Александрович, к.т.н.