

**Кафедра «Химии и технологии материалов современной энергетики»**

ОДОБРЕНО  
Ученым советом СТИ НИЯУ МИФИ  
протокол № 5 от 28.06.2023

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ВВЕДЕНИЕ В ХИМИЧЕСКУЮ ТЕХНОЛОГИЮ МАТЕРИАЛОВ  
СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

**18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики**

НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**Химическая технология материалов ядерного топливного цикла**

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость, ЗЕ	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практические занятия, час.	Лабораторные работы, час.	В форме практической подготовки / в интерактивной форме, час.	СРС, час.	Форма(ы) контроля (Э, З, ДифЗ, КР, КП)
7	2	72	16	16	16	16	24	Зач.
Итого	2	72	16	16	16	16	24	

## **Аннотация**

Рабочая программа дисциплины «Введение в химическую технологию материалов современной энергетики» составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта НИЯУ МИФИ и рабочим учебным планом по направлению подготовки (специальности) 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики», образовательной программы «Химическая технология материалов ядерного топливного цикла».

В результате освоения дисциплины, у выпускника должны быть сформированы следующие результаты обучения (РО):

**1) знать:**

- 3.1 классификацию и характеристики ядерных реакторов и ядерного топлива;
- 3.2 технологию производства ядерного топлива для современных и перспективных ядерных реакторов;
- 3.3 технологию подготовки водного теплоносителя для энергетических реакторов

**2) уметь:**

- У.1 использовать полученные знания для оценки энергетического потенциала и глубины выгорания различных видов ядерного топлива
- У.2 провести аналитический контроль качества ядерных и других внутриреакторных материалов

**3) владеть или быть в состоянии продемонстрировать:**

- В.1 навыками проведения исследований аналитического характера по качеству материалов, используемых в ядерной технике

### **1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Введение в химическую технологию материалов современной энергетики» являются:

ознакомление студентов с последними достижениями в области технологии производства топливных материалов для современной энергетики

Основными задачами дисциплины являются:

- изучение состояния топливного баланса России на основе ископаемого органического и ядерного топлива;
- проведение сравнительной экономической оценки энерговыработки на ТЭЦ, ТЭС и АЭС;
- изучение характеристик действующих и перспективных ядерных реакторов;
- изучение особенностей технологий производства ядерного топлива для различных типов ядерных реакторов;
- изучение особенности водно-химического режима на различных АЭС с легководными реакторами и технология подготовки водного теплоносителя

### **2 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО**

Дисциплина «Введение в химическую технологию материалов современной энергетики» (Б1.В.ОД.1.4) - Профессиональный модуль образовательной программы.

Знания, полученные студентами на лекционных и лабораторных занятиях, закрепляются при выполнении ими НИР, курсовых проектов и выпускных квалификационных работ.

### 3 Формируемые компетенции и планируемые результаты обучения

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
<b>тип задач профессиональной деятельности: технологический</b>			
Осуществление технологического процесса в соответствии с требованиями технологического регламента; Освоение и ввод в эксплуатацию новых технологических процессов и оборудования; Организация и осуществление входного контроля сырья и материалов, используемых в технологии материалов современной энергетики, изотопно чистых веществ, их соединений	руды, концентраты и вторичное сырье, содержащие уран, цирконий, радиоактивные элементы, редкие металлы ядерного назначения, их химические соединения и материалы на их основе; природное и техногенное сырье, содержащее изотопы легких элементов; технологические процессы их извлечения, концентрирования и очистки; оборудование, приборы и методы обеспечения аналитического контроля проведения этих процессов в лабораторных и промышленных условиях; технологические процессы обращения с ОЯТ и РАО и методы обеспечения радиационной безопасности и реабилитации территорий, связанные с использованием ядерных объектов	<b>ПК-2.2</b> Способен осуществлять разработку и проектирование технологических процессов и оборудования для извлечения материалов ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) атомной энергетики из природного и техногенного сырья, переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО), разделения изотопов легких элементов и их применения	<b>З-ПК-2.2</b> Знать: технологический процесс и оборудование для извлечения материалов ЯТЦ, разделения изотопов легких элементов <b>У-ПК-2.2</b> Уметь: определять необходимое технологическое оборудование для переработки природного и техногенного сырья, переработки ОЯТ и РАО, разделения изотопов легких элементов <b>В-ПК-2.2</b> Владеть: навыками технологических процессов или отдельных элементов оборудования используемого для переработки природного и техногенного сырья, переработки ОЯТ и РАО, разделения изотопов легких элементов

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
<p>Осуществление технологического процесса в соответствии с требованиями технологического регламента; Освоение и ввод в эксплуатацию новых технологических процессов и оборудования; Организация и осуществление входного контроля сырья и материалов, используемых в технологии материалов современной энергетики, изотопно чистых веществ, их соединений</p>	<p>руды, концентраты и вторичное сырье, содержащие уран, цирконий, радиоактивные элементы, редкие металлы ядерного назначения, их химические соединения и материалы на их основе; природное и техногенное сырье, содержащее изотопы легких элементов; технологические процессы их извлечения, концентрирования и очистки; оборудование, приборы и методы обеспечения аналитического контроля проведения этих процессов в лабораторных и промышленных условиях; технологические процессы обращения с ОЯТ и РАО и методы обеспечения радиационной безопасности и реабилитации территорий, связанные с использованием ядерных объектов</p>	<p><b>ПК-4</b> Способен анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию</p>	<p><b>З-ПК-4</b> Знать: способы анализа технологических процессов и выявления его недостатков <b>У-ПК-4</b> Уметь: анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию <b>В-ПК-4</b> Владеть: навыками разработки мероприятий по совершенствованию технологического процесса</p>

#### 4 Воспитательный потенциал учебной дисциплины

Воспитательный потенциал дисциплины «Введение в химическую технологию материалов современной энергетики» отражен в Рабочей программе воспитания в Северском технологическом институте – филиале федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (<http://www.ssti.ru/education.html>/Информация по образовательным программам).

## 5 Структура и содержание учебной дисциплины

### 5.1 Основные разделы дисциплины, трудоемкость и виды учебной работы

Настоящая рабочая программа составлена для формы обучения «очная» по специальности 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики», образовательной программе «Химическая технология материалов ядерного топливного цикла».

Общая трудоемкость дисциплины составляет в **зачетных единицах – 2, 72 час.**, обучение по дисциплине проходит в **семестре 7**.

Дисциплина (модуль) содержит **разделы:**

– **раздел 1** – «Энергетический комплекс»

Трудоемкость, формы и график контроля по разделам дисциплины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Трудоемкость, формы и график контроля отдельных разделов дисциплины

№	Наименование раздела	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость, час				Аттестационные мероприятия		Макс. балл за раздел
		Лекции	Практ. занятия	Лабор. работы	Самост. работа	Текущий контроль (нед/форма)	Аттестация раздела (нед/форма)	
<b>7 семестр (18 недель)</b>								
1	Энергетический комплекс	16	16	16	24	9/ЛР1, 9/Т1, 11/ЛР2, 13/ЛР3, 15/ЛР4, 16/ДЗ1	16/Т2	60
	Зачет							40
<b>Итого за 7 семестр:</b>		16	16	16	24			100

В таблице 2 представлено соответствие содержания каждого раздела и результатов обучения, что позволяет оценить их вклад в достижение целей курса.

Таблица 2 – Соответствие содержания требуемым результатам обучения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Номера разделов	Аттестационные мероприятия
– Знать: технологический процесс и оборудование для извлечения материалов ЯТЦ, разделения изотопов легких элементов ( <b>З-ПК-2.2</b> )	1	ЛР1, Т1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ДЗ1, Т2, Зачет (7 сем.)
– Уметь: определять необходимое технологическое оборудование для переработки природного и техногенного сырья, переработки ОЯТ и РАО, разделения изотопов легких элементов ( <b>У-ПК-2.2</b> )	1	ЛР1, Т1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ДЗ1, Т2, Зачет (7 сем.)
– Владеть: навыками технологических процессов или отдельных элементов оборудования используемого для переработки природного и техногенного сырья, переработки ОЯТ и РАО, разделения изотопов легких элементов ( <b>В-ПК-2.2</b> )	1	ЛР1, Т1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ДЗ1, Т2, Зачет (7 сем.)

– Знать: способы анализа технологических процессов и выявления его недостатков ( <b>З-ПК-4</b> )	1	ЛР1, Т1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ДЗ1, Т2, Зачет (7 сем.)
– Уметь: анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию ( <b>У-ПК-4</b> )	1	ЛР1, Т1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ДЗ1, Т2, Зачет (7 сем.)
– Владеть: навыками разработки мероприятий по совершенствованию технологического процесса ( <b>В-ПК-4</b> )	1	ЛР1, Т1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ДЗ1, Т2, Зачет (7 сем.)

## 5.2 Содержание лекционного курса дисциплины

Содержание лекционного курса дисциплины представлено в таблице 4.

Таблица 3 – Содержание и трудоемкость лекционного курса по разделам в целом по дисциплине

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>Раздел 1 Энергетический комплекс</b>	
<b>1.1 Особенности и перспективы развития энергетического комплекса России до 2030 года.</b> Общая характеристика дисциплины, научно-методические принципы её построения, связь с другими дисциплинами. Атомная энергетика: исторические аспекты становления, современное состояние и перспективы развития в Росси и зарубежом. Атомная энергетика и окружающая среда, основные факторы воздействия. Влияние тепловых и радионуклидных сбросов на экологическую обстановку. Регламентация сбросов. Технические и экономические проблемы безопасности АЭС.	2
<b>1.2 Основы производства атомной энергии.</b> Дефект массы и деление тяжёлых ядер. Оценка энергии, выделяющейся при делении тяжёлых ядер. Капельная модель деления ядра. Взаимодействие нейтронов с ядрами. Делящиеся материалы и фертильные вещества, получение вторичного ядерного горючего. Свойства делящихся материалов. Деление ядер урана и плутония под воздействием нейтронов. Распределение энергии, выделяющейся при делении. Накопление тяжёлых трансурановых элементов. Спектр осколков деления, выход отдельных осколков при делении. Радиоактивность продуктов деления, кривая Ферми. Глубина выгорания ядерного. Причины неполного сгорания ядерного топлива. Способы оценки глубины выгорания и связи между ними. Влияние глубины выгорания на дальнейшую судьбу ядерного горючего и его характеристики. Цепная реакция деления. Коэффициент размножения. Понятие критичности ядерных систем. Влияние отдельных факторов на критичность системы. Основные критические параметры для делящихся материалов. Способы обеспечения ядерной безопасности. Спектр нейтронов деления, мгновенные и запаздывающие нейтроны. Роль запаздывающих нейтронов в управлении мощностью реактором. Способы управления мощностью реактора и компенсация запаса реактивности. Замедлители, отражатели и поглотители нейтронов.	6

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<p><b>1.3 Тепловыделяющие элементы и тепловыделяющие сборки.</b> ТВЭЛ – важнейший конструкционный элемент атомного реактора. Требования, предъявляемые к ТВЭЛам, классификация ТВЭЛ. Тепловыделяющие сборки. Химические композиции ядерного горючего, требования предъявляемые к ним. Ядерное горючее на основе металлического урана и его сплавов, оксидов, карбидов, нитридов урана. Технологические характеристики, особенности, достоинства и недостатки отдельных видов, области использования. Технологические аспекты изготовления ядерного горючего на основе соединений урана. Плутоний как ядерное горючее, проблемы использования. Смешанное топливо. Конструкционные материалы ТВЭЛ и ТВС, требования предъявляемые к ним. Характеристика и области использования отдельных материалов. Проблемы производства материалов для атомной энергетики, перспективные материалы. Конструктивные особенности и характеристика ТВЭЛ и ТВС отдельных типов реакторов.</p>	2
<p><b>1.4 Атомные реакторы и АЭ.</b> Принципиальная схема атомного реактора. Основные конструктивные элементы атомного реактора, их назначение. Основы классификации атомных реакторов. Конструктивные особенности корпусных реакторов типа ВВЭР, их основные технические параметры. Компоновка АЭС с реакторами ВВЭР-440, ВВЭР-1200. Состояние теплоносителя первого контура. Схема аварийного охлаждения. Конструктивные особенности канальных реакторов типа РБМК, их основные технические параметры. Компоновка АЭС с реакторами РБМК-1000. Сравнение реакторов на тепловых нейтронах. Реакторы на быстрых нейтронах, состояние и перспективы развития. Петлевая и интегральная компоновка АЭС с реакторами на быстрых нейтронах. Преимущества быстрых нейтронов: высокий коэффициент воспроизводства и высокая глубина выгорания. Высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы – перспективное направление в реакторной технике. Конструктивные и технологические особенности ВТГР. Обеспечение безопасности эксплуатации АЭС и снижение их влияния на окружающую среду.</p>	4
<p><b>1.5 Теплоносители АЭС.</b> Тепловой баланс реактора. Требования, предъявляемые к теплоносителям. Основные характеристики наиболее популярных теплоносителей, их достоинства, недостатки, области применения. Активация теплоносителей в нейтронном поле. Особенности активации жидкометаллических и водных теплоносителей. Физико-химические процессы, протекающие в контурах ядерных установок. Радиоллиз воды и методы его подавления. Качество охлаждающей воды и основные методы её очистки: фильтрация, дистилляция, ионный обмен.</p>	2
<i>Итого по разделу 1:</i>	16
<b>Всего по теоретическому разделу дисциплины:</b>	<b>16</b>

### 5.3 Содержание лабораторного практикума

В таблице 4 представлено содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины.

Таблица 4 – Содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины

Перечень лабораторных работ по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>Раздел 1 Энергетический комплекс</b>	
<b>1.1 Нормы и основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности.</b> Цель работы: ознакомиться с документами, регламентирующими работу с источниками ионизирующего излучения (ИИИ) и их использование для характеристики условий работы..	4
<b>1.2 Комплексонометрическое определение циркония.</b> Комплексонометрический метод определения циркония в растворе основан на том, что динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты ( $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ ), известная под названиями комплексон III или трилон Б, образует с ионами $\text{Zr}^{4+}$ в сильноокислой среде (2 моль/дм <sup>3</sup> раствор HCl) бесцветное устойчивое комплексное соединение с молярным соотношением 1:1 более прочное, чем окрашенное в сине-фиолетовый цвет комплексное соединение с индикатором эриохром черный Т.	4
<b>1.3 Определение статической емкости ионитов.</b> Провести определение статической емкости сильнокислотного катионита марки КУ-2-8чС и сильноосновного анионита марки АВ-17-8чС.	4
<b>1.4 Ионообменное обессоливание воды.</b> Провести обессоливание водопроводной воды с применением ионитов и оценить качество очистки воды по рН и общей жесткости.	4
<i>Итого по разделу 1:</i>	<i>16</i>
<b>Всего по лабораторному практикуму дисциплины:</b>	<b>16</b>

#### 5.4 Тематика практических / семинарских занятий

Тематика практических / семинарских занятий и их трудоемкость представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Тематика и трудоемкость практических / семинарских занятий

Перечень практических / семинарских занятий по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>Раздел 1 Энергетический комплекс</b>	
<b>1.1 Способность ядер к делению.</b> Энергия связи, энергия возбуждения составного ядра, порог деления. Параметр деления.	2
<b>1.2 Глубина выгорания ядерного топлива.</b> Связь глубины выгорания с накоплением продуктов деления и плутония	2
<b>1.3 Энерговыделение в процессах деления и синтеза ядер.</b> Ядерные реакции под действием нейтронов	2
<b>1.4 Типы атомных реакторов.</b> Атомные реакторы, используемые в России и за рубежом (ВВЭР, РБМК, БН, Брест, ВWR, PWR, AGR, Magnox, Candu). Конструктивные особенности. Достоинства, недостатки	4
<b>1.5 Баланс ядерных материалов в активной зоне реактора.</b>	2
<b>1.6 Производство топлива и замкнутый ядерный топливный цикл.</b>	4
<i>Итого по разделу 1:</i>	<i>16</i>
<b>Всего по практическим / семинарским занятиям дисциплины:</b>	<b>16</b>



## 5.5 Курсовое проектирование

Курсовая работа/проект в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрены.

## 6 Образовательные технологии

При проведении лекций используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Опережающая самостоятельная работа.

При проведении лабораторных работ используются следующие образовательные технологии: Работа в команде, Обучение на основе опыта, Исследовательский метод.

При проведении практических занятий используются следующие образовательные технологии: Case-study, Методы проблемного обучения, Проектный метод.

Для организации самостоятельной работы используются следующие образовательные технологии: IT-методы.

Общее число часов занятий, проводимых в интерактивной форме – 16 час.

## 7 Аннотация фонда 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:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационные мероприятия
ПК-2.2	З-ПК-2.2	ЛР1, Т1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ДЗ1, Т2, Зачет (7 сем.)
ПК-2.2	У-ПК-2.2	ЛР1, Т1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ДЗ1, Т2, Зачет (7 сем.)
ПК-2.2	В-ПК-2.2	ЛР1, Т1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ДЗ1, Т2, Зачет (7 сем.)
ПК-4	З-ПК-4	ЛР1, Т1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ДЗ1, Т2, Зачет (7 сем.)
ПК-4	У-ПК-4	ЛР1, Т1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ДЗ1, Т2, Зачет (7 сем.)
ПК-4	В-ПК-4	ЛР1, Т1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ДЗ1, Т2, Зачет (7 сем.)

**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 (**60 баллов**) и промежуточного контроля (**40 баллов**). Для допуска к промежуточному контролю по дисциплине студенту в течение календарного модуля необходимо набрать не менее 60% баллов при условии сдачи **всех** дисциплинарных разделов. Раздел считается сданным, если выполнены все виды контроля и набрано по ним не менее 60 % баллов от максимального по разделу.

В соответствии с учебным планом промежуточная аттестация в конце семестра осуществляется в форме Зачета.

### Аттестация в 7 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
<b>Текущая аттестация</b>			
ЛР1	Лабораторная работа	4	2.4

T1	Тестирование	1	0.6
ЛР2	Лабораторная работа	10	6
ЛР3	Лабораторная работа	5	3
ЛР4	Лабораторная работа	10	6
ДЗ1	Домашнее задание	10	6
T2	Тестирование	20	12
<b>Сумма:</b>		<b>60</b>	<b>36</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>			
Зачет		<b>40</b>	<b>24</b>
<b>Итого:</b>		<b>100</b>	<b>60</b>

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов по дисциплине	100–90	89–85	84–75	74–70	69–65	64–60	ниже 60
Оценка (ECTS)	A	B	C	D		E	F
Оценка по 4-х бальной шкале	отлично (отл.)	хорошо (хор.)		удовлетворительно (удовл.)		неудовлетворительно (неуд.)	
Зачет	Зачтено					Не зачтено	

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.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

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.

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.

#### Вопросы для Зачета (7 семестр):

- 1 Ядерные энергетические установки (ЯЭУ). Классификация ЯЭУ по типу ядерной реакции.
- 2 Цепная реакция деления. Энергия деления.
- 3 Критическая масса и критический размер размножающей среды (качественный подход).
- 4 Обращение нейтронов в бесконечной размножающей среде. Коэффициент размножения.
- 5 Критическое уравнение для гомогенного реактора. Баланс нейтронов в активной зоне.
- 6 Стационарное и нестационарное уравнения материального баланса.
- 7 Материальный и геометрический параметры.
- 8 Эффективный коэффициент размножения.
- 9 Замедление нейтронов. Основные параметры замедляющих сред.
- 10 Влияние замедлителя на материальный и геометрический параметры.
- 11 Ядерно-физические характеристики замедлителей.
- 12 Управляемая цепная реакция деления. Запоздывающие нейтроны.
- 13 Кинетика реактора. Реактивность. Период реактора.

- 14 Запас реактивности.
- 15 Способы регулирования реактивности (система управления и аварийной защиты СУЗ).
- 16 Материалы СУЗ.
- 17 Топливные циклы: открытый, закрытый. Способы реализации, достоинства и недостатки.
- 18 Начальный этап ЯТЦ.
- 19 Заключительный этап ЯТЦ.
- 20 Ядерная и радиационная опасность на этапах ЯТЦ.
- 21 РАО на этапах ЯТЦ.
- 22 Воздействие предприятий ЯТЦ на окружающую среду.
- 23 Изготовление ядерного топлива.
- 24 Топливные элементы.
- 25 Методы обогащения урана.
- 26 Выгорание топлива.
- 27 Обращение с отработавшим топливом.
- 28 Воспроизводство ядерного топлива.
- 29 Влияние накапливающегося плутония на работу реактора.
- 30 Рециклинг плутония.
- 31 Отравление реактора в стационарном и переходном режимах («ксеноновая яма», «прометиевый провал»).
- 32 Структура активной зоны гетерогенного реактора на тепловых нейтронах.
- 33 Реактор на быстрых нейтронах: особенности физики и конструкции, условия эксплуатации материалов активной зоны.
- 34 Сравнительный анализ реакторов LWR и HWR: структура и параметры АЗ. Тепловыделение и теплоотвод, принципиальная схема АЭС, условия эксплуатации материалов активной зоны.
- 35 Реактор РБМК: структура и параметры АЗ, тепловыделение и теплоотвод.
- 36 Ядерные энергетические реакторы, способные работать на урановом топливе с естественным содержанием изотопов (структура и параметры АЗ, тепловыделение и теплоотвод).
- 37 Принципиальная схема АЭС с реактором БН. Условия эксплуатации материалов активной зоны газоохлаждаемых реакторов. Основные типы конструкции активной зоны.
- 38 Условия эксплуатации материалов активной зоны уран-графитовых реакторов.
- 39 Радионуклидные генераторы энергии (РНГЭ). Способы преобразования энергии радиоактивного распада в РНГЭ.
- 40 Управляемая термоядерная реакция.
- 41 Реакторы синтеза. Гибридные реакторы.
- 42 Материалы термоядерных установок.
- 43 Место атомной энергетики в современном энергетическом комплексе.
- 44 Ядерная и радиационная безопасность предприятий ЯТЦ: физика, нормативы, регламенты.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины**

### **8.1 Основная литература**

Л1.1 Бекман И. Н. Атомная и ядерная физика: радиоактивность и ионизирующие излучения [Текст]: учебник для бакалавриата и магистратуры / И. Н. Бекман - Москва: Юрайт, 2017 - 398 с.

Л1.2 Бекман И. Н. Атомная и ядерная физика: радиоактивность и ионизирующие излучения: учебник для бакалавриата и магистратуры / И. Н. Бекман - Москва: Юрайт, 2019 - 398 с.

Л1.3 Бекман И. Н. Атомная и ядерная физика: радиоактивность и ионизирующие излучения: учебник для вузов / И. Н. Бекман - Москва: Издательство Юрайт, 2020 - 398 с.

Л1.4 Бекман И. Н. Ядерные технологии [Текст]: учебник для бакалавриата и магистратуры / И. Н. Бекман - Москва: Юрайт, 2017 - 404 с.

Л1.5 Бекман И. Н. Ядерные технологии: учебник для вузов / И. Н. Бекман - Москва: Издательство Юрайт, 2020 - 500 с.

Л1.6 Ташлыков О. Л. Ядерные технологии [Текст]: учебное пособие для вузов / О. Л. Ташлыков; под ред. С. Е. Шеклеина - Москва: Юрайт, 2017 - 198 с.

## **8.2 Дополнительная литература**

Л2.1 Беденко С. В. Ядерная физика: хранение облученного керамического ядерного топлива [Текст]: учебное пособие для вузов - Москва: Юрайт, 2017 - 191 с.

Л2.2 Двухкомпонентная ядерная энергетическая система с тепловыми и быстрыми реакторами в замкнутом ядерном топливном цикле [Текст] / П. Н. Алексеев [и др.]; под ред. Н. Н. Пономарева-Степного - М.: Техносфера, 2016 - 160 с.

Л2.3 Румянцев Б. В. Окислительно-восстановительные свойства элементов и их соединений в растворах: учебно-справочное пособие / Б. В. Румянцев - Санкт-Петербург: Лань, 2017 - 353 с.

## **8.3 Информационно-образовательные ресурсы**

Э1 Журнал «Известия вузов. Ядерная энергетика» <https://nuclear-power-engineering.ru/>

Э2 Информационная система Power Reactor (PRIS) <https://pris.iaea.org/pris/>

Э3 Сайт Nuclear Power for Everybody <https://www.nuclear-power.net>

Э4 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>

Э5 <https://www.scopus.com/>

Э6 Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>

Э7 <https://www.rosatom.ru/>

Э8 <https://www.rosenergoatom.ru/>

## **9 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Материально-техническое обеспечение дисциплины приведено на сайте СТИ НИЯУ МИФИ <http://www.ssti.ru/objects.html>

## **10 Учебно-методические рекомендации для студентов**

Самостоятельная работа студентов – это планируемая учебная и внеаудиторная работа студентов, выполняемая по заданию преподавателя и под его методическим руководством, но без его непосредственного участия.

Целью самостоятельной работы студентов является приобретение новых знаний, систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов.

**Лекции.** Рекомендации по написанию конспекта лекций: кратко, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения: пометать основные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь (тезаурус). Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на следующем занятии или консультации.

**Практические занятия.** Для подготовки к практическому занятию, необходимо повторить теоретический материал по теме с использованием лекций и рекомендуемой литературы.

На занятии желательно иметь конспект лекций (или учебник, учебное пособие), чтобы самостоятельно или с сокурсниками и преподавателем сориентироваться на каждую тему решаемой задачи, поставленной проблемы и пр.

При решении задач:

1) нужно обосновать каждый этап решения, исходя из теоретических положений дисциплины. Если студент видит несколько путей решения, то он должен сравнить их и выбрать из них самый лучший;

2) решения задач и примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных;

3) рисунки (графики) можно выполнять от руки, но аккуратно и в соответствии с данными условиями;

4) решение каждой задачи должно доводиться до ответа, требуемого условием, и по возможности в общем виде с выводом формулы. Полученный ответ следует проверять способами, вытекающими из существа данной задачи.

При обсуждении основных положений и выводов, объяснении явлений и фактов, ответа на поставленные вопросы:

1) вырабатываются умения и навыки использовать приобретенные знания для различного рода профессиональной деятельности;

2) выступление должно строиться свободно, убедительно и аргументированно и не должно сводиться к простому воспроизведению текста, не допускается и простое чтение конспекта. Необходимо, чтобы выступающий проявлял собственное отношение к тому, о чем он говорит, высказывал свое личное мнение, понимание, обосновывал его и мог сделать правильные выводы из сказанного.

**Лабораторные работы.** Подготовка к лабораторной работе включает в себя работу с конспектом лекций, рекомендуемой литературой, подготовку ответов к контрольным вопросам для допуска к выполнению лабораторной работы, написание отчета.

Лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях института.

Прежде чем начать занятия в данной лаборатории студент знакомится с правилами техники безопасности, о чем расписывается в журнале. В лабораториях кафедры запрещается находиться в верхней одежде. На рабочем столе должно находиться только необходимое оборудование и приборы для записей и расчетов. Запрещается класть на рабочий стол сумки, пакеты, шапки и другие посторонние предметы. Студент приступает к выполнению лабораторной работы только после ознакомления с описанием работы и подготовки к ней. Запрещается включать какие-либо приборы или без предварительной проверки их преподавателем или лаборантом. После окончания работы студент должен сдать лаборанту выданные принадлежности, привести в порядок рабочее место, получить отметку в журнале о выполнении работы, предъявив для этого полученные результаты преподавателю.

Не начинайте выполнение опыта пока не уясните себе полностью его цель, метод и не составите план проведения опыта. Так как время проведения опыта ограничено учебными часами, отведенными на него, то всю подготовку необходимо провести самостоятельно до занятий.

Для записи результатов измерения в отчете должны быть заранее подготовлены таблицы, включающие как сами измерения, так и их погрешности.

К следующему занятию студент готовит очередную работу и предъявляет отчет о работе, выполненной на предыдущем занятии. Работа считается окончательно сданной после защиты отчета. Студент должен оформить отчет по прилагаемой форме:

1) название работы;

2) цель работы;

3) краткие сведения из теории, схема установки и основные рабочие формулы;

- 4) результаты измерений, представленные в виде таблиц и графиков;
- 5) расчет искомой величины и ее значение;
- 6) расчет ошибки измерения;
- 7) окончательный результат, полученный после округления, с указанием абсолютной и относительной ошибок измерения;
- 8) выводы, заключение о достижении цели, поставленной данной работой, с анализом полученного результата.

**Промежуточная аттестация.** Для подготовки к промежуточной аттестации студенту необходимо проработать конспекты лекционных и практических занятий, подготовить ответы к вопросам, выносимым на промежуточную аттестацию, при необходимости воспользоваться рекомендуемой литературой.

## **11 Учебно-методические рекомендации для преподавателей**

На лекционных, практических, лабораторных занятиях студентам сообщаются новые сведения, систематизируется и обобщается накопленный запас знаний, формируются на этой основе познавательные и профессиональные интересы. Преподаватель, проводя занятия, должен стремиться увлечь студентов, активно воздействовать на их эмоции, вызвать интерес к учебному предмету, стремление постоянно пополнять знания.

Самостоятельная работа студентов по данному курсу

- Проработка лекционного материала
- Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса
- Подготовка к лабораторным работам
- Оформление отчетов по лабораторным работам
- Выполнение домашних заданий
- Подготовка к промежуточному контролю: Зачет (7 семестр)

В течение 7 семестра осуществляется контроль знаний студентов: см. раздел 5.1.

По результатам аттестационных мероприятий формируется допуск студента к итоговому контролю – Зачету по дисциплине. Студент на Зачете должен показать знание программного материала, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагать, уметь тесно увязывать теорию с практикой, использовать в ответе материал рекомендуемой литературы.

\*\*\*

Автор(ы): П.Б. Молоков