

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Димитровградский инженерно-технологический институт –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ДИТИ НИЯУ МИФИ)**



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Технологии изготовления ядерного топлива»**

Специальность 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

Квалификация выпускника инженер

Специализация Химическая технология материалов ядерного топливного цикла

Форма обучения Очная

Выпускающая кафедра Кафедра радиохимии

Кафедра-разработчик рабочей программы Кафедра радиохимии

Семестр	Трудоемкость час. (ЗЕТ)	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет/кр)
9	144(4)	17	17	0	74	Экзамен
А	144(4)	18	18	0	90	Экзамен
<b>Итого</b>	<b>288(8)</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>0</b>	<b>164</b>	Экзамен

Димитровград  
2021 г.

Составители рабочей программы

\_\_\_\_\_

(должность, ученое звание, степень)

\_\_\_\_\_

(подпись)

С.М. Брюхов

(Ф.И.О.)

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры

\_\_\_\_\_ радиохимии \_\_\_\_\_

(наименование кафедры-разработчика, дата и номер протокола заседания кафедры)

Зав. кафедрой-разработчика

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_

(подпись)

А.А. Лизин

(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:

Зав. выпускающей кафедрой

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_

(подпись)

А.А. Лизин

(Ф.И.О.)

Руководитель ООП,

ФИО, ученая степень, должность

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_

(подпись)

А.А. Лизин

(Ф.И.О.)

## СОДЕРЖАНИЕ

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	4
2 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	4
3 ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ .....	10
4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	11
5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	16
6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ) .....	16
7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	18
8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	19
9 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	19

## 1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель** освоения дисциплины: подготовка специалиста по изготовлению ядерного топлива для существующих и перспективных типов ядерных реакторов.

**Задачи** освоения дисциплины: получение теоретических и практических знаний по технологиям изготовления ядерного топлива различного типа, изучение принципов работы оборудования для изготовления ядерного топлива, изучение технических и ядерно-физических требований к ядерному топливу, изучение методов обеспечения безопасности работ при изготовлении ядерного топлива.

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и индикаторов их достижения в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ и ООП ВО по специальности.

### Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
ОПК-1 Способен использовать математические, естественно-научные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности	З-ОПК-1 Знать: математический аппарат, физические и химические законы необходимые для решения профессиональных задач в области химии и технологии ядерного топливного цикла, основные теоретические положения смежных естественно-научных дисциплин. У-ОПК-1 Уметь: определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов математических и естественнонаучных дисциплин для решения профессиональных задач, применять полученные теоретические знания и математический аппарат для самостоятельного освоения специальных разделов математики и естественнонаучных дисциплин, необходимых в профессиональной деятельности, применять знания математики и естественнонаучных дисциплин для анализа и обработки результатов химических экспериментов. В-ОПК-1 Владеть: навыками использования теоретических основ базовых разделов математики и естественнонаучных дисциплин при решении задач в области химии и технологии ядерного топливного цикла
ОПК-2 Способен использовать современное технологическое и аналитическое оборудование в профессиональной и научно-исследовательской деятельности	З-ОПК-2 Знать: современное технологическое и аналитическое оборудование применяемое в атомной отрасли, способы его использования при проведении научных исследований У-ОПК-2 Уметь: обоснованно выбирать технологическое и аналитическое оборудование для решения задач своей профессиональной деятельности; уметь анализировать полученные результаты научных исследований В-ОПК-2 Владеть: навыками работы на современном технологическом и аналитическом оборудовании и проведения с его использованием научных исследований

## Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задачи профессиональной деятельности: технологический</b>				
<p>Осуществление технологического процесса в соответствии с требованиями технологического регламента; Организация и осуществление входного контроля сырья и материалов, используемых в технологии материалов современной энергетики, изотопно-чистых веществ, их соединений; Обеспечение эффективного использования в технологическом процессе оборудования, сырья и вспомогательных материалов; Наладка и эксплу-</p>	<p>Цирконий, уран, плутоний и другие трансурановые элементы, радиоактивные элементы естественного происхождения и продукты, образовавшиеся в ядерных реакторах и при облучении мишеней на ускорителях – в виде руд, концентратов и вторичного сырья, а также процессы обращения с ними, выделения и аффинажа целевых продуктов; Рассеянные элементы: цезий, рубидий, таллий, галлий, индий, скандий, германий, а также редкие элементы: литий, бериллий, ванадий, титан, молибден, вольфрам, редкоземельные элементы и их соединения, играющие важную роль в высокотехнологичных процессах современной энергетики и экономики; Природное и техногенное сырье, содержащее изотопы легких элементов, в том числе лития, бериллия, бора, углерода и их соединений – включая приведение их в состояние, требуемое для атомной промышленности; Специально созданные мишени для накопления целевых изотопов, а также попутное извлечение ценных изотопов в ходе технологических процессов; Технологические процессы</p>	<p>ПК-8 Способен разрабатывать новые технологические схемы на основе результатов научно-исследовательских работ</p>	<p>З-ПК-8 Знать: принципы разработки новых технологических схем на основе результатов научно-исследовательских работ. У-ПК-8 Уметь: разрабатывать новые технологические схемы на основе результатов научно-исследовательских работ. В-ПК-8 Владеть: необходимыми знаниями при разработке новых технологических схем на основе результатов научно-исследовательских работ</p>	<p>Профессиональный стандарт «24.075. Инженер-исследователь в области разделения изотопов» В/02.7. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с учетом норм радиационной и ядерной безопасности</p> <p>Профессиональный стандарт «24.078. Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий» В/01.7. Руководство и управление деятельностью персонала и обеспечение безопасного проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ</p>

<p>атация машин и аппаратов для осуществления технологических процессов; Освоение и ввод в эксплуатацию новых технологических процессов и оборудования; Проведение экологического и радиационного мониторинга; Обеспечение мероприятий по дезактивации технологического оборудования и производственных и прилегающих территорий; Обеспечение радиационной безопасности</p>	<p>извлечения, концентрирования и очистки указанных выше объектов, оборудование и системы контроля для их осуществления; Оборудование, приборы и методы обеспечения аналитического контроля проведения этих процессов в лабораторных и промышленных условиях; Технологические процессы обращения с ОЯТ и РАО, получения и выделения.</p>	<p>ПК-4 Способен анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию</p>	<p>З-ПК-4 Знать: способы анализа технологических процессов и выявления его недостатков У-ПК-4 Уметь: анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию В-ПК-4 Владеть: навыками разработки мероприятий по совершенствованию технологического процесса</p>	<p>Профессиональный стандарт «24.078. Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий» В.7. Выработка направлений прикладных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по совершенствованию ядерно-энергетических технологий и руководство деятельностью подчиненного персонала по их выполнению</p>
<p>Тип задачи профессиональной деятельности: проектный</p>				
<p>Разработка новых технологических схем, расчет технологических параметров, расчет и выбор оборудования; Разработка процессов, аппаратов,</p>	<p>Цирконий, уран, плутоний и другие трансурановые элементы, радиоактивные элементы естественного происхождения и продукты, образовавшиеся в ядерных реакторах и при облучении мишеней на ускорителях – в виде руд, концентратов и вторичного сырья, а также процессы обращения с ними, выделения и аффинажа целевых продуктов; Рассеянные элементы: цезий, рубидий, таллий, галлий, ин-</p>	<p>ПК-9 Способен проводить анализ технических заданий на проектирование и проектов с учетом существующего международного и национального ядерного законодательства</p>	<p>З-ПК-9 Знать: принципы анализа технических заданий на проектирование, разработки технологических схем, технологической и технической документации У-ПК-9 Уметь: разрабатывать технологиче-</p>	<p>Профессиональный стандарт «24.075. Инженер-исследователь в области разделения изотопов» В.7. Проектирование, разработка и совершенствование технологических процессов, отдельных узлов и установок по разделению</p>

<p>систем управления в составе технологий выделения редких, рассеянных, радиоактивных элементов, наработки изотопов, переработки ОЯТ, облученных мишеней, обращения с РАО различных видов. Анализ и оценка альтернативных вариантов технологической схемы и ее отдельных узлов и аппаратов;</p> <p>Разработка исходных данных для проектирования новых технологических процессов и оборудования, авторский надзор за процессом проектирования.</p>	<p>дий, скандий, германий, а также редкие элементы: литий, бериллий, ванадий, титан, молибден, вольфрам, редкоземельные элементы и их соединения, играющие важную роль в высокотехнологичных процессах современной энергетики и экономики; Природное и техногенное сырье, содержащее изотопы легких элементов, в том числе лития, бериллия, бора, углерода и их соединений – включая приведение их в состояние, требуемое для атомной промышленности; Специально созданные мишени для накопления целевых изотопов, а также попутное извлечение ценных изотопов в ходе технологических процессов; Технологические процессы извлечения, концентрирования и очистки указанных выше объектов, оборудование и системы контроля для их осуществления; Оборудование, приборы и методы обеспечения аналитического контроля проведения этих процессов в лабораторных и промышленных условиях; Технологические процессы обращения с ОЯТ и РАО, получения и выделения радиоизотопов; Методы обеспечения радиационной безопасности и реабилитации территорий, связанные с использованием ядерных объектов.</p>		<p>скую и аппаратурную схемы процессов предприятий ядерного топливного цикла с учетом существующего международного и национального ядерного законодательства В-ПК-9 Владеть: приемами выполнения чертежей аппаратурных схем технологических процессов с использованием современных САД-программ</p>	<p>изотопов, проведение исследований и испытаний</p> <p>Профессиональный стандарт «24.078. Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий»</p> <p>В.7. Выработка направлений прикладных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по совершенствованию ядерно-энергетических технологий и руководство деятельностью подчиненного персонала по их выполнению</p>
<p>Тип задачи профессиональной деятельности: научно-исследовательский</p>				
<p>Осуществление технологического процесса в соответствии с требо-</p>	<p>Цирконий, уран, плутоний и другие трансурановые элементы, радиоактивные элементы естественного происхождения и продукты, образовавшиеся</p>	<p>ПК-3.1 Способен осуществлять разработку и проектирование технологических процессов и</p>	<p>З-ПК-3.1 Знать методическую и нормативную базу в области проектирования и</p>	<p>Профессиональный стандарт «24.078. Специалист-исследователь в области ядерно-</p>

<p>ваниями технологического регламента;          Организация и осуществление входного контроля сырья и материалов, используемых в технологии материалов современной энергетики, изотопно-чистых веществ, их соединений; Обеспечение эффективного использования в технологическом процессе оборудования, сырья и вспомогательных материалов;          Наладка и эксплуатация машин и аппаратов для осуществления технологических процессов;          Освоение и ввод в эксплуатацию новых технологических процессов и оборудования; Проведение экологического и</p>	<p>в ядерных реакторах и при облучении мишеней на ускорителях – в виде руд, концентратов и вторичного сырья, а также процессы обращения с ними, выделения и аффинажа целевых продуктов; Рассеянные элементы: цезий, рубидий, таллий, галлий, индий, скандий, германий, а также редкие элементы: литий, бериллий, ванадий, титан, молибден, вольфрам, редкоземельные элементы и их соединения, играющие важную роль в высокотехнологичных процессах современной энергетики и экономики; Природное и техногенное сырье, содержащее изотопы легких элементов, в том числе лития, бериллия, бора, углерода и их соединений – включая приведение их в состояние, требуемое для атомной промышленности; Специально созданные мишени для накопления целевых изотопов, а также попутное извлечение ценных изотопов в ходе технологических процессов; Технологические процессы извлечения, концентрирования и очистки указанных выше объектов, оборудование и системы контроля для их осуществления; Оборудование, приборы и методы обеспечения аналитического контроля проведения этих процессов в лабораторных и промышленных условиях;          Технологические процессы обращения с ОЯТ и РАО, получения и выделения радиоизотопов ; Методы обеспечения ради-</p>	<p>оборудования для извлечения материалов ядерного топливного цикла (ЯТЦ) атомной энергетики из природного и технологического сырья, переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), радиоактивных отходов (РАО), выделения радиоизотопов и их применения.</p>	<p>проведения научно-исследовательских работ в области технологических процессов и оборудования для извлечения материалов ядерного топливного цикла (ЯТЦ) атомной энергетики из природного и технологического сырья, переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), радиоактивных отходов (РАО), выделения радиоизотопов и их применения          У-ПК-3.1 Уметь формулировать цели и задачи проектирования и использования технологической аппаратуры технологических процессов и оборудования для извлечения материалов ядерного топливного цикла (ЯТЦ) атомной энергетики из природного и технологического сырья, переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), радиоактивных отхо-</p>	<p>энергетических технологий»          В.7. Выработка направлений прикладных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по совершенствованию ядерно-энергетических технологий и руководство деятельностью подчиненного персонала по их выполнению.</p>
--	--	--	---	---



<p>радиационного мониторинга;  Обеспечение мероприятий по дезактивации технологического оборудования и производственных и прилегающих территорий;  Обеспечение радиационной безопасности.</p>	<p>ационной безопасности и реабилитации территорий, связанные с использованием ядерных объектов.</p>		<p>дов (РАО), выделения радиоизотопов и их применения  В-ПК-3.1 Владеть навыками формирования требований к показателям и свойствам оборудования, средств контроля и управления с учетом достижений науки, техники и электроники в применении к разработке технологических процессов и оборудования для извлечения материалов ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) атомной энергетики из природного и технологического сырья, переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), радиоактивных отходов (РАО), выделения радиоизотопов и их применения</p>	
---	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

Знать:

- Назначение, характеристики и технологии изготовления металлического, металло-керамического и керамического ядерного топлива
- Назначение и технические характеристики оборудования для изготовления металлического, металло-керамического и керамического ядерного топлива.
- Пределы совместимости ядерных материалов топливной композиции с оболочкой ТВЭЛ и с теплоносителем.
- Методы контроля технических характеристик ядерного топлива.

Уметь:

- Отбирать необходимые и достаточные данные для выдачи технического задания создание аппаратурно-технологической схемы изготовления ядерного топлива.
- Эксплуатировать оборудование для изготовления ядерного топлива.
- Контролировать качество (технические характеристики) ядерного топлива.
- Разрабатывать новые технологические схемы процессов изготовления ядерного топлива.

Владеть:

- Технологией изготовления металлического, металло-керамического и керамического ядерного топлива для мобильных и стационарных реакторных установок.
- Методами безопасной эксплуатации технологического оборудования для изготовления ядерного топлива
- Методами обеспечения качества выпускаемого ядерного топлива

### 3 ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	- формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка <b>(B19)</b>	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик профессионального модуля для формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские курсовые проекты. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для 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.

## 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина Технологии изготовления ядерного топлива относится к базовой части профессионального модуля Б1.0.04.05 учебного плана по специальности 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики.

### 4.1 Объем дисциплины

Общая трудоемкость (объем) Технологии изготовления ядерного топлива составляет 8 зачетных единиц (ЗЕТ), 234 академических часов.

Таблица 4.1 Объём дисциплины по видам учебных занятий (в соответствии с учебным планом)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. часов)	Семестр	
		9	А
<b>Контактная работа с преподавателем</b> в том числе: – аудиторная по видам учебных занятий			
– лекции	4(34)	2(17)	2(17)
– практические занятия	4(36)	2(18)	2(18)
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> в том числе:			
– изучение теоретического курса	164	74	90
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)</b>	Экз.		
<b>Итого по дисциплине</b>	8(234)		
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	164		

Таблица 4.2 - Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, включая самостоятельную работу студентов, акад. часы							Формируемые индикаторы освоения компетенций	
		Лекции	Практические занятия	в том числе в форме практической подготовки	Лабораторные работы	в том числе в форме практической подготовки	Самостоятельная работа	в том числе в форме практической подготовки		Всего часов
1	Металлическое топливо	10	8				40		60	ОПК-1 ПК-8
2	Метало-керамическое топливо	10	10				48		68	ОПК-2 ПК-4
3	Керамическое топливо	8	10				40		58	ПК-8 ПК-9 ПК-3.1
4	Изготовление оболочки	4	6				28		38	3-ПК-8 ПК-3.1
5	Изготовление Пэл	2	2				8		12	3-ПК-8 ПК-3.1
	Итого	34	36				164		234	

## 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 4.3 - Лекционный курс

№ лекции	Номер раздела	Тема лекции	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1	1	Металлическое урановое топливо. Сплавы урана с молибденом. Металлотермия. Литъё. Напыление. Прокат. Волочение.	2	
2	1	Сплав уран-цирконий. Порошковая металлургия.	2	
3	1	Сплав уран-цирконий-плутоний. Псевдотекучие сплавы.	2	
4	1	Эвтектические сплавы актинидов с железом, хромом, никелем.	1	
5	1	Сплавы и интерметаллиды актинидов с легкими благородными металлами.	1	
6	1	Сплавы и интерметаллиды актинидов с тяжелыми благородными металлами.	1	
7	1	Сплавы актинидов с легкоплавкими металлами.	1	
8	2	Интерметаллиды урана с алюминием. Диаграммы состояния двойных систем.	1	
9		Интерметаллиды плутония с алюминием. Эвтектика плутония с алюминием.	1	
10	2	Алюминиевый кермет. Механическая технология очистки от осколков деления.	2	
11	2	Медно-бериллиевый кермет. Связь металлургии и ядерной физики.	2	
12	2	Керметы диоксидов с цирконием, молибденом, никелем, нержавеющей стали.	2	
13	2	Керметы диоксидов с технецием и рутением	2	
14	3	Оксиды урана. Диаграмма уран-кислород. Способы достижения стехиометрии диоксида.	2	
15	3	Изготовление мастер-смеси. Контроль размеров порошков. Назначение многократного спекания-размола.	1	
16	3	Прессование таблеток в размер и с запасом. Роль пластификатора. Бесцентровое шлифование. Пыль и аэрозоли.	1	
17	3	Сушка, спекание, прокалка таблеток и втулок в восстановительной атмосфере. Возгонка примесных актинидов при прокалке.	2	
18	3	Контроль качества готовых керамических изделий.	2	
19	4	Изготовление алюминиевой оболочки. Расчет скорости растворения оболочки в щелочи. Герметизация сваркой, вальцов-	2	

		кой, обжатием.		
20	4	Изготовление оболочки из циркония. Роль гафния и ниобия при изготовлении и эксплуатации оболочки.	2	
21	5	Изготовление Пэл из обогащенного карбида бора. Высокотемпературное вакуумное прессование.	2	
Итого:			<b>34</b>	

Таблица 4.4 - Практические занятия

*Приводится перечень занятий семинарского типа, их краткое содержание, объем или делается запись: «учебным планом не предусмотрены».*

№ занятия	Номер раздела	Наименование практического занятия	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе в форме практической подготовки
1	1	Расчет стехиометрии и избытка восстановителя для металлотермии.	1	
2	1	Расчет максимальной температуры термита.	1	
3	1	Расчет температуры металло-термической реакции.	1	
4	1	Расчет зависимости скорости металло-термической реакции от размеров гранул.	1	
5	1	Учет захвата восстановителя сплавом. Подбор наиболее подходящего восстановителя.	1	
6	1	Расчет водорода для восстановления металлов.	1	
7	1	Составление шихты с учетом требуемого состава готового сплава.	1	
8	2	Расчет количества металла матрицы для теплопередачи из центра таблетки к оболочке	1	
9	2	Расчет распухания металло-керамики под действием облучения.	1	
10	2	Расчет массы и размера гранул алюминия для отделения осколков деления от актинидов.	1	
11	2	Расчет скорости растворения алюминия при замене одного сплава на другой.	1	
12	2	Расчет реактивности при замене делящихся нуклидов.	1	
13	2	Расчет энерговыделения и	1	

		температуры твэл при отсутствии принудительного охлаждения.		
14	2	Расчет активности твэл.	1	
15	2	Расчет класса работ с ядерными материалами.	1	
16	2	Расчет мощности дозы от твэл.	1	
17	2	Пересчет МЭД гамма-излучения на МЭД нейтронного излучения для четных актинидов.	1	
18	2	Расчет давления прессования, волочения, проката.	1	
19	2	Подбор оборудования и пресс-инструмента для изготовления таблеток и протяженных изделий.	1	
20	3	Расчет удельной активности урана для определения класса работ.	1	
21	3	Расчет поглотителя атмосферной влаги для осушения воздуха.	1	
22	3	Расчет массы урана при разной стехиометрии оксидов урана.	1	
23	3	Расчет допустимых зазоров для обеспечения теплопередачи от таблетки к оболочке.	1	
24	3	Расчет изменения зазора таблетка-оболочка при изменении температуры таблетки.	1	
25	3	Расчет эффекта самоэкранирования при увеличении степени обогащения урана.	1	
26	3	Расчет усадки таблетки при спекании	1	
27	3	Расчет потерь урана на операции шлифования таблеток.	1	
28	3	Расчет потерь плутония на распад при хранении.	1	
29	3	Расчет активности дочерних продуктов плутония.	1	
30	4	Расчет расхода электроэнергии для электролиза алюминия.	1	
31	4	Расчет расхода электроэнергии на иодидное ра-	1	

		финирование циркония.		
32	4	Расчет усилия при прес-совании, прокате, волочении и обжати оболочки.	1	
33	4	Расчет изменения пластичности алюминия при добавлении различных примесей.	1	
34	4	Расчет количества единиц оборудования и прес-инструмента для изготовления оболочки твэл.	1	
35	4	Расчет доли образующихся отходов на технологических операциях изготовления оболочки твэл.	1	
36	5	Расчет мощности нагревателя высокотемпературной вакуумной печи.	1	
Итого:			<b>36</b>	

Таблица 4.5 - Лабораторные работы

№ за-нятия	Номер раздела	Наименование лабораторной работы	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе в форме практической подготовки
		<i>Учебным планом не предусмотрены</i>		

Таблица 4.6 - Самостоятельная работа студента

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид самостоятельной работы студента	Трудоемкость, часов
1	1.1	Ознакомление и изучение технологического оборудования НИИАР по изготовлению металлического топлива.	20
	1.2	Ознакомление и изучение технологической документации НИИАР по изготовлению металлического топлива.	20
2	2.1	Ознакомление и изучение технологического оборудования НИИАР по изготовлению метало-керамического топлива.	24
	2.2	Ознакомление и изучение технологической документации НИИАР по изготовлению метало-керамического топлива.	24
3	3.1	Ознакомление и изучение технологического оборудования НИИАР по изготовлению оксидного керамического топлива.	20
	3.2	Ознакомление и изучение технологической документации НИИАР по изготовлению оксидного керамического топлива.	20
4	4.1	Ознакомление и изучение технологии изготовления труб из алюминия.	14
	4.2	Ознакомление и изучение технологии изготовления труб из сплава циркония.	14
5	5.1	Ознакомление и изучение технологического оборудования НИИАР по изготовлению ПЭЛ из карбида бора.	4
		Ознакомление и изучение технологической документации НИИАР по изготовлению ПЭЛ из карбида бора.	4
Итого:			164

**Курсовые работы (проекты) по дисциплине**  
*Учебным планом не предусмотрены.*

## 5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе освоения дисциплины при проведении аудиторных занятий используются следующие образовательные технологии: лекции, практические занятия с использованием активных и интерактивных форм проведения занятий.

Интерактивное обучение реализуется как диалоговое обучение в ходе лекционных и практических занятий, что позволяет осуществлять взаимодействие между студентом и преподавателем, а также между самими студентами.

Достижение планируемых результатов освоения дисциплины осуществляется за счет использования следующих образовательных технологий:

Методы ИТ (Internet-ресурсов) – при применении компьютеров для использования электронных версий учебников, учебных пособий, методических указаний, журнальных статей и описания изделий фирм-производителей.

Указанная технология, когда студенту приходится воспроизводить то, что он слышал на занятиях или видел в книгах, принципиально ведет к его самообразованию и воспитанию творческой личности.

## 6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов ДИТИ НИЯУ МИФИ.

Входной контроль



Пример:

Дать определение рН. (Отрицательный логарифм концентрации ионов водорода, или другое равноценное определение)

Сколько квтч выделяется при сгорании 1 кг угля и природного урана (8 и 160 000, соотношение ~20 тысяч раз, а не 3 миллиона, так как делится только 1/150 доля)

Текущий контроль знаний студентов производится еженедельно на практических занятиях преподавателем, ведущим занятия по дисциплине в следующих формах:

–**контрольные работы** состоят из многоступенчатых задач, которые необходимо разделить на простые типовые задачи, решаемых студентом самостоятельно.

Преподаватель оценивает две профессиональные компетенции химика-технолога – умение разбивать сложную задачу на взаимосвязанные простые типовые задачи, и владение методами решения типовых задач.

Пример комплексной технологической задачи, разделенной на несколько простых типовых задач:

Необходимо найти решение в виде технологической схемы для

- получения топливной композиции (из соединений U, Np, Pu, Am, Cm) с необходимой чистотой,
- с допустимым уровнем потерь (каждого из компонентов при многокомпонентном топливе),
- без превышения допустимых выбросов в окружающую среду (атмосферу, гидросферу, литосферу),
- при минимальной стоимости реагентов (исходного сырья, материалов, оборудования и/или производимой продукции)
- при расчетной производительности производства.

Пример комплексной задачи, не разделенной на отдельные типовые задачи:

Разработать технологию (на основе выбора из существующих технологических операций) производства керамического оксидного топлива (кермета, сплава, нитрида, карбида) для реактора ВВЭР-1000 (или любого другого реактора) из руды с содержанием урана 300 г/т (или с любым другим содержанием). Уровень потерь урана не более 0,1% (или другой). Выбросы в атмосферу и гидросферу в соответствии с требованиями НРБ-99/2009 (или нормами МАГАТЭ, стандарта США и др.). Удаление отходов на глубину 250-1000 м.

Отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски, своевременная сдача контрольных работ, умение обосновать свой выбор оборудования и технологии, критическое отношение к своему выбору и выбору конкурентов.

Промежуточный контроль по результатам семестров по дисциплине проходит в форме письменного экзамена, включающего в себя ответ на теоретические вопросы и решения задач.

### **Пример экзаменационного билета:**

Билет №1

1. Металлическое урановое топливо. Влияние технологии изготовления на ядерно-физические характеристики.
2. Материалы ядерного качества, содержание примесей, борный коэффициент.
3. Понятие интерметаллида и сплава. Основные интерметаллиды урана.
4. Изготовление таблеточного ядерного топлива, двустороннее прессование.
5. Оболочка ТВЭЛ из алюминия. Назначение, ядерные примеси, преимущества и недостатки.

Фонд оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, приведен в Приложении 2.

## 7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Таблица 7.1 - Обеспечение дисциплины основной и дополнительной литературой по дисциплине

N п/п	Автор	Название	Место издания	Наименование издательства	Год издания	Количество экземпляров
<b>Основная литература</b>						
1	Брюхов С.М.	Технологии изготовления ядерного топлива	ДИТИ НИЯУ МИФИ	Электронный конспект лекций.	2020	Электронный ресурс ДИТИ НИЯУ МИФИ
2	Акатов А.А. и др.	Мой выбор – Атомная наука и техника.	РОСАТОМ	elib. biblioatom.ru	2010	elib. biblioatom.ru
<b>Дополнительная литература</b>						
1	Петросьянс А.А. и др.	Атомная наука и техника СССР	Москва	Энергоатомиздат	1987	geokniga.org
2	Щёлкин К.И. и др.	Советская атомная наука и техника	Москва	Атомиздат	1967	elib. biblioatom.ru
3	Григорьев И.С. и др.	Физические Величины. Справочник	Москва	Энергоатомиздат	1991	studmed.ru

### 7.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень рекомендуемых Интернет сайтов:

1. Википедия на русском, английском и немецком языках.
2. Страна Росатом

Таблица 7.2 – Рекомендуемые электронно-библиотечные системы

№	Наименование ресурса	Тематика
1	elib.biblioatom.ru	Ядерное топливо
2	strana-rosatom.ru	Ядерное топливо

### 7.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 7.3 – Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

№	Наименование	Краткое описание
1	Windows 10 Pro	Операционная система
2	Microsoft Office	Пакет офисных приложений
3	Браузеры: Internet Explorer 10, Internet Explorer 9, Internet Explorer 8, FireFox 10, Safari 5, Google Chrome 17	Специальные программы для просмотра веб-страниц, поиска контента, файлов и их каталогов в Интернете
4	Антиплагиат.ВУЗ	Интернет-сервис для вузов, предназначенный для оценки степени самостоятельности письменных работ обучающихся

Таблица 7.4 – Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование	Тематика	Электронный адрес
1	Гарант	Правовая	<a href="https://www.garant.ru/">https://www.garant.ru/</a>

## 8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	<b>Учебная аудитория для проведения занятий №204</b> посадочных мест — 20; площадь 53,47 кв.м.; специализированная мебель: Учебная доска – 1 шт., стол студенческий – 11 шт., стулья – 26 шт., стол библиотечный – 8 шт., шкаф двухстворчатый – 1 шт., шкаф книжный – 1 шт., трибуна настольная – 1 шт., Технические средства обучения: Проектор – 1 шт., Экран – 1 шт., колонки -1 пара	433507, Ульяновская область, г. Димитровград, ул Куйбышева, 294

## 9 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением об организации обучения студентов-инвалидов и студентов с ограниченными возможностями здоровья в НИЯУ МИФИ, утвержденным 29.08.2017г.;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения в рабочей программе  
дисциплины на 20\_\_/20\_\_ уч.г.**

Внесенные изменения на 20\_\_/20\_\_ учебный год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

1) .....

2) .....

*или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год*

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
*(дата, номер протокола заседания кафедры, подпись зав. кафедрой).*

**СОГЛАСОВАНО:**

**Заведующий выпускающей кафедрой**

\_\_\_\_\_  
*наименование кафедры      личная подпись      расшифровка подписи      дата*

**Руководитель ООП,**

**ученая степень, должность**

\_\_\_\_\_  
*личная подпись      расшифровка подписи      дата*