

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)

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель руководителя

_____ Т.И. Романовская
«__» _____ 20__ г.

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 промежуточ- ного контроля (экз./зачет/кр) |
|----------------|------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|--|
| 9 | 4 | 17 | 17 | | 74 | Экз. |
| A | 4 | 18 | 18 | | 90 | Экз. |
| Итого | 8 | 35 | 35 | | 164 | Экз. |

Димитровград
2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| 1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ | 3 |
| 2 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ..... | 3 |
| 3 ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ | 9 |
| 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ | 10 |
| 5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ | 15 |
| 6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)..... | 15 |
| 7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 16 |
| 8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ | 17 |
| 9 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ..... | 17 |

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 |
|--|--|---|--|--|
| Тип задачи профессиональной деятельности: технологический | | | | |
| <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: разработать техноло-</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>гическую и аппаратную схемы процессов предприятий ядерно-топливного цикла с учетом существующего международного и национального ядерного законодательства</p> <p>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 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> | <p>проведения научно-исследовательских работ в области 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 У-ПК-3.1 Уметь формулировать цели и задачи проектирования и использования технологической аппаратуры технологических процессов и оборудования для извлечения материалов ядерно-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 (B19) | 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 | | |
| Контактная работа с преподавателем в том числе: – аудиторная по видам учебных занятий | | | | | |
| – лекции | 4(34) | 2(17) | 2(17) | | |
| – практические занятия | 4(36) | 2(18) | 2(18) | | |
| – лабораторные работы | | | | | |
| – | | | | | |
| Самостоятельная работа обучающихся в том числе: | | | | | |
| – изучение теоретического курса | 164 | 74 | 90 | | |
| – расчетно-графические задания, задачи | | | | | |
| – реферат, эссе | | | | | |
| – подготовка курсового проекта | | | | | |
| – | | | | | |
| Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен) | Экз. | | | | |
| Итого по дисциплине | 8(234) | | | | |
| в том числе в форме практической подготовки | 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 | |
| 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. Литьё. 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 танталом и рутением | 2 | |
| 14 | 3 | Оксиды урана. Диаграмма уран-кислород. Способы достижения стехиометрии диоксида. | 2 | |
| 15 | 3 | Изготовление мастер-смеси. Контроль размеров порошков. Назначение мно- | 1 | |

| | | | | |
|--------|---|---|-----------|--|
| | | гократного спекания-размола. | | |
| 16 | 3 | Прессование таблеток в размер и с запасом. Роль пластификатора. Бесцентровое шлифование. Пыль и аэрозоли. | 1 | |
| 17 | 3 | Сушка, спекание, прокатка таблеток и втулок в восстановительной атмосфере. Возгонка примесных актинов при прокатке. | 2 | |
| 18 | 3 | Контроль качества готовых керамических изделий. | 2 | |
| 19 | 4 | Изготовление алюминиевой оболочки. Расчет скорости растворения оболочки в щелочи. Герметизация сваркой, вальцовкой, обжатием. | 2 | |
| 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: | | | 34 | |

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 металлотермической 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 | 1 | |

| | | | | |
|----|---|--|---|--|
| | | учетом требуемого состава готового сплава. | | |
| 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 температуры твэл при отсутствии принудительного охлаждения. | 1 | |
| 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 | 1 | |

| | | | | |
|--------|---|---|-----------|--|
| | | таблетка-оболочка при изменении температуры таблетки. | | |
| 25 | 3 | Расчет эффекта самозранирования 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 рафинирование циркония. | 1 | |
| 32 | 4 | Расчет усилия при пресовании, прокате, волочении и обжати оболочки. | 1 | |
| 33 | 4 | Расчет изменения пластичности алюминия при добавлении различных примесей. | 1 | |
| 34 | 4 | Расчет количества единиц оборудования и прессинструмента 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: | | | 36 | |

Таблица 4.5 - Лабораторные работы

| № занятия | 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.

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

- тестирование;
- контрольные работы;
- коллоквиумы.

Отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски, своевременная сдача тестов, отчетов по лабораторным работам и индивидуальных заданий.

Промежуточный контроль производится 3 раза в семестр в следующих формах:

- тестирование;
- контрольные работы.

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

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

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 |
|----------------------------------|-----------------------|--|----------------|------------------------------|-------------|------------------------|
| Основная литература | | | | | | |
| 1 | Брюхов С.М. | Технологии изготовления ядерного топлива | ДИТИ НИЯУ МИФИ | Электронный конспект лекций. | 2020 | |
| 2 | Акатов А.А. и др. | Мой выбор – Атомная наука и техника. | РОСАТОМ | elib. biblioatom.ru | 2010 | |
| Дополнительная литература | | | | | | |
| 1 | Петросьянс А.А. и др. | Атомная наука и техника СССР | Москва | Энергоатомиздат | 1987 | |
| 2 | Щёлкин К.И. и др. | Советская атомная наука и техника | Москва | Атомиздат | 1967 | |
| 3 | Григорьев И.С. и др. | Физические Величины. Справочник | Москва | Энергоатомиздат | 1991 | |

7.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень рекомендуемых Интернет сайтов:

1. Википедия на русском, английском и немецком языке.
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 | Microsoft Windows | ОС |
| 2 | Microsoft Office: Word, Excel, Power Point | Приложение |
| 3 | Skype-for-business | Видеосвязь |
| 4 | Zoom | Видеосвязь |
| 5 | Microsoft Link | Видеосвязь |

Таблица 7.4 – Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

| № | Наименование | Тематика | Электронный адрес |
|---|--------------|----------|---|
| 1 | Гарант | Правовая | https://www.garant.ru/ |
| 2 | Консультант | Правовая | https://www.consultant.ru/ |

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 | Учебная аудитория для проведения занятий №204 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., три- буна настольная – 1 шт., Технические средства обучения: Проектор – 1 шт., Экран – 1 шт., колонки -1 пара | 433507, Ульяновская область, г. Димитровград, ул Куй- бышева, 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

