

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Обнинский институт атомной энергетики –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Утверждено на заседании  
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол от 28.08.2023 № 23.8

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

---

**Ядерный топливный цикл**

*название дисциплины*

для направления подготовки

---

**14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

*код и название направления подготовки*

образовательная программа

---

**Ядерные реакторы и энергетические установки**

Форма обучения: заочная

**г. Обнинск 2023 г.**

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – сформировать глубокое представление о фундаментальных основах технологий, заложенных на всех этапах ядерного топливного цикла (ЯТЦ).

Задачи дисциплины:

- Ознакомить со всеми процессами и технологиями, реализуемых на всех этапах ЯТЦ.
- Предоставить современную информацию о предприятиях, входящих в систему ЯТЦ.
- Дать представление о возможных схемах и типах ЯТЦ.
- Указать на альтернативные технологии и на мировых лидеров в области технологий ЯТЦ.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина реализуется в рамках части, формируемой участниками образовательных отношений и относится к профессиональному модулю, изучается на 1 курсе в зимнюю и летнюю сессии.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин и/или практик (при необходимости): Ядерная физика, Физика ядерных реакторов, Оборудование АЭС, Химия.

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

- выполнение магистерских диссертаций по магистерской программе «Ядерные реакторы и энергетические установки»;
- профессиональная деятельность.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ОП магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

| Код компетенций | Наименование компетенции                                                                                                   | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| УК-1            | Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий | З-УК-1 Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации;<br>У-УК-1 Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации;<br>В-УК-1 Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; |

|      |                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |                                                                                                                             | методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| УК-2 | Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла                                                             | З-УК-2 Знать: этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами;<br>У-УК-2 Уметь: разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации, определять целевые этапы, основные направления работ; объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла;<br>В-УК-2 Владеть: методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта. |
| УК-5 | Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия                            | З-УК-5 Знать: закономерности и особенности социально-исторического развития различных культур; особенности межкультурного разнообразия общества; правила и технологии эффективного межкультурного взаимодействия<br>У-УК-5 Уметь: понимать и толерантно воспринимать межкультурное разнообразие общества; анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия<br>В-УК-5 Владеть: методами и навыками эффективного межкультурного взаимодействия.                                                                                |
| УК-6 | Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки | З-УК-6 Знать: методики самооценки, самоконтроля и саморазвития с использованием подходов здоровьесбережения;<br>У-УК-6 Уметь: решать задачи собственного личностного и профессионального развития,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|       |                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                                                                                | <p>определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности;</p> <p>применять методики самооценки и самоконтроля;</p> <p>применять методики, позволяющие улучшить и сохранить здоровье в процессе жизнедеятельности;</p> <p>В-УК-6 Владеть: технологиями и навыками управления своей познавательной деятельностью и ее совершенствования на основе самооценки, самоконтроля и принципов самообразования в течение всей жизни, в том числе с использованием здоровьесберегающих подходов и методик.</p> |
| ОПК-1 | Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач | <p>З-ОПК-1 Знать типичные задачи, возникающие в ходе профессиональной деятельности; основные методы решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности;</p> <p>У-ОПК-1 Уметь анализировать задачи, возникающие в ходе профессиональной деятельности; выявлять характерные особенности анализируемых процессов и явлений; определять сущность проблемы и пути ее решения; составлять алгоритм решения поставленной задачи;</p> <p>В-ОПК-1 Владеть методами решения типовых задач.</p>                              |
| ОПК-2 | Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы     | <p>З-ОПК-2 Знать современные методы исследования; принятые критерии оценки в данной области профессиональной деятельности;</p> <p>У-ОПК-2 Уметь применять известные методы исследования в зависимости от конкретных целей и задач; представлять результаты проделанной работы;</p> <p>В-ОПК-2 Владеть базовыми методами проведения</p>                                                                                                                                                                                         |

|  |  |               |
|--|--|---------------|
|  |  | исследования. |
|--|--|---------------|

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

В рамках освоения ОП магистратуры программа воспитания не реализуется.

#### 5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

| Вид работы                                     | Количество часов на вид работы по семестрам: |                             |                             |            |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------|
|                                                | 1 курс,<br>установочная<br>сессия            | 1 курс,<br>зимняя<br>сессия | 1 курс,<br>летняя<br>сессия | Всего      |
| Контактная работа обучающихся с преподавателем |                                              |                             |                             |            |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>              | <b>12</b>                                    | <b>12</b>                   |                             | <b>24</b>  |
| В том числе:                                   |                                              |                             |                             |            |
| лекции                                         | 6                                            | 6                           |                             | 12         |
| практические занятия                           | 6                                            | 6                           |                             | 12         |
| лабораторные занятия                           |                                              |                             |                             |            |
| <b>Промежуточная аттестация</b>                |                                              |                             |                             |            |
| В том числе:                                   |                                              |                             |                             |            |
| экзамен                                        |                                              | 9                           | 9                           | 18         |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся</b>      | <b>60</b>                                    | <b>87</b>                   | <b>27</b>                   | <b>174</b> |
| <b>Всего (часы):</b>                           | <b>72</b>                                    | <b>108</b>                  | <b>36</b>                   | <b>216</b> |
| <b>Всего (зачетные единицы):</b>               | <b>2</b>                                     | <b>3</b>                    | <b>1</b>                    | <b>6</b>   |

#### 6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

##### 6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

| Недел<br>я  | №<br>п/п  | Наименование раздела /темы<br>дисциплины                                 | Виды учебной работы<br>в часах |    |     |        |     |
|-------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----|-----|--------|-----|
|             |           |                                                                          | Очная форма обучения           |    |     |        |     |
|             |           |                                                                          | Лек                            | Пр | Лаб | Внеауд | СРО |
|             |           | <b>1 сессия</b>                                                          |                                |    |     |        |     |
| <b>1-6</b>  | <b>1.</b> | <b>Ядерный топливный цикл (ЯТЦ)</b>                                      |                                |    |     |        |     |
| 1-3         | 1.1.      | Тема: Введение. Развитие ядерной энергетики и ядерного топливного цикла. | 1                              | 1  |     |        | 10  |
| 4-6         | 1.2.      | Тема: Характеристики ядерного топливного цикла                           | 2                              | 1  |     |        | 11  |
| <b>7-16</b> | <b>2.</b> | <b>Начальная стадии ЯТЦ</b>                                              |                                |    |     |        |     |
| 7-9         | 2.1.      | Тема: Добыча и переработка урановой руды                                 | 1                              | 2  |     |        | 10  |

|              |           |                                                                         |           |           |  |  |            |
|--------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|--|--|------------|
| 10-12        | 2.2.      | Тема: Аффинаж, конверсия и обогащение природного урана                  | 1         | 1         |  |  | 10         |
| 13-16        | 2.3.      | Тема: Изготовление уранового топлива (ТВЭЛ, ТВС)                        | 1         | 1         |  |  | 10         |
|              |           | <b>Итого за зимнюю сессию</b>                                           | <b>6</b>  | <b>6</b>  |  |  | <b>51</b>  |
|              |           | <b>2 сессия</b>                                                         |           |           |  |  |            |
| <b>1-3</b>   | <b>3.</b> | <b>Эксплуатация АЭС</b>                                                 |           |           |  |  |            |
| 1-3          | 3.1.      | Тема: Общие вопросы эксплуатации АЭС                                    | 1         | 1         |  |  | 23         |
| <b>4-11</b>  | <b>4.</b> | <b>Заключительная стадия ЯТЦ</b>                                        |           |           |  |  |            |
| 4-8          | 4.1.      | Тема: Обращение с отработавшим ядерным топливом.                        | 2         | 2         |  |  | 40         |
| 9-11         | 4.2.      | Тема: Вывод из эксплуатации объектов ЯТЦ.                               | 1         | 1         |  |  | 10         |
| <b>12-16</b> | <b>5.</b> | <b>Обращение с радиоактивными отходами на этапах ЯТЦ</b>                |           |           |  |  |            |
| 12-13        | 5.1.      | Тема: Общие понятия о РАО. Источники РАО на этапах ЯТЦ                  | 1         | 1         |  |  | 10         |
| 14-16        | 5.2.      | Тема: Безопасное обращение с радиоактивными отходами на всех этапах ЯТЦ | 2         | 1         |  |  | 40         |
|              |           | <b>Итого за весеннюю сессию</b>                                         | <b>6</b>  | <b>6</b>  |  |  | <b>123</b> |
|              |           | <b>Всего:</b>                                                           | <b>12</b> | <b>12</b> |  |  | <b>174</b> |

## 6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

### Лекционный курс

| Недели      | №         | Наименование раздела /темы дисциплины                                    | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             |           | <b>1 сессия</b>                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>1-6</b>  | <b>1.</b> | <b>Ядерный топливный цикл (ЯТЦ)</b>                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 1-3         | 1.1.      | Тема: Введение. Развитие ядерной энергетики и ядерного топливного цикла. | Современная электроэнергетика России. Основные виды производства электроэнергии на территории России. Сравнительные оценки энергетических технологий: выбросы, отходы, дозы, риски, стоимость кВт*час. История и этапы развития ядерной энергетики. Стратегия развития атомной энергетики в России.                                                                                                                                                                                                |
| 4-6         | 1.2.      | Тема: Характеристики ядерного топливного цикла                           | Ядерный топливный цикл. Типы ЯТЦ. Особенности ядерного топлива как источника энергии. Типовые схемы топливных циклов. Открытый ЯТЦ, замкнутый ЯТЦ, частично-замкнутый ЯТЦ. Преимущества и недостатки ЯТЦ. ЯТЦ России, перспективы развития. Основные материалы ЯТЦ и их характеристики. Ядерные материалы (фертильные, делящиеся). Отвальный уран. Уран и его свойства. Трансплутониевые изотопы. Ядра деления. Конструкционные материалы. Нейтронно-физические характеристики ядерных материалов. |
| <b>7-16</b> | <b>2.</b> | <b>Начальная стадии ЯТЦ</b>                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 7-9         | 2.1.      | Тема: Добыча и переработка урановой руды                                 | Урановые руды и минералы. Основные урановые месторождения мира. Разведанные запасы урана. Урановые месторождения в России. Основы технологий добычи природного урана. Открытый способ.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|                 |           |                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------|-----------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |           |                                                        | Подземный способ. Подземное выщелачивание. Кучное выщелачивание. Переработка урановой руды.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 10-12           | 2.2.      | Тема: Аффинаж, конверсия и обогащение природного урана | Получение чистых соединений урана. Аффинажное производство. Методы: осадительный, сорбционный, экстракционный.<br>Конверсия урана. Действующие конверсионные мощности РФ. Процесс производства гексафторида урана. Гексафторид урана и его свойства. Процесс получения гексафторида урана из исходного урансодержащего сырья. Процесс обогащения (изотопного разделения). Общая характеристика разделительных производств. Метод газовой диффузии. Мембранные фильтры. Каскады разделения. Газоцентрифужная технология разделения изотопов урана. Лазерное разделение изотопов. Химический обмен.                                                               |
| 13-16           | 2.3.      | Тема: Изготовление уранового топлива (ТВЭЛ, ТВС)       | Изготовление топливных таблеток: прессование и получение спеченных таблеток, шлифование, выходной контроль и комплектование таблеток для снаряжения ТВЭЛОВ. Изготовление ТВЭЛ. Изготовление ТВС. Оценка перспективных видов ядерного топлива. Уровни технологической готовности ядерного топлива/сложность топливной конструкции. Оценка перспективных видов топливных оболочек. ОАО «ТВЭЛ».                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>2 сессия</b> |           |                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>1-3</b>      | <b>3.</b> | <b>Эксплуатация АЭС</b>                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 1-3             | 3.1.      | Тема: Общие вопросы эксплуатации АЭС                   | Основные принципы получения энергии в атомном реакторе. Эффективный коэффициент размножения. Реактивность. Управление цепной реакцией деления. Остаточное тепловыделение. Основные компоненты реактора: делящееся вещество, замедлитель, система охлаждения, система безопасности, система регулирования. Классификация реакторов по назначению и мощности, по компоновке АЗ, по количеству контуров охлаждения и т.п. Тепловые контуры атомных станций. Реакторы с водой под давлением (ВВЭР). Реакторы на быстрых нейтронах (БН). Экологическая безопасность при нормальной эксплуатации АЭС. Воздействие АЭС на персонал и население районов размещения АЭС. |
| <b>4-11</b>     | <b>4.</b> | <b>Заключительная стадия ЯТЦ</b>                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 4-8             | 4.1.      | Тема: Обращение с отработавшим ядерным топливом.       | Хранение ОЯТ в пристанционных бассейнах выдержки. Транспортирование ОЯТ. Основы технологии переработки облученного ядерного топлива. PUREX-процесс. COEX-процесс. Основы технологий хранения и захоронения облученного топлива и радиоактивных отходов. Окончательная изоляция РАО в глубоких геологических формациях. Влияние процессов переработки, хранения и захоронения на окружающую среду. Программы замыкания ЯТЦ в мире.                                                                                                                                                                                                                               |
| 9-11            | 4.2.      | Тема: Вывод из эксплуатации объектов                   | Концепция вывода из эксплуатации ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|              |           |                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              |           | ЯТЦ.                                                                    | Основные задачи подготовки и вывода из эксплуатации. Проблемные вопросы реабилитации бывших урановых производств. Рекультивация территорий бывших уранодобывающих производств. Состояние работ по выводу из эксплуатации АЭС в Российской Федерации. Опыт-демонстрационный центр вывода из эксплуатации уран-графитовых ядерных реакторов (ОДЦ УГР).                        |
| <b>12-16</b> | <b>5.</b> | <b>Обращение с радиоактивными отходами на этапах ЯТЦ</b>                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 12-13        | 5.1.      | Тема: Общие понятия о РАО. Источники РАО на этапах ЯТЦ                  | Понятие радиоактивных отходов. Критерии отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным. Особые и удаляемые РАО. Классификация удаляемых радиоактивных отходов. Категории и классы радиоактивных отходов. Источники образования РАО на предприятиях ЯТЦ.                                                                                                   |
| 14-16        | 5.2.      | Тема: Безопасное обращение с радиоактивными отходами на всех этапах ЯТЦ | Сбор РАО. Сортировка. Переработка РАО: прессование, плазменно-пиролитическая переработка, сжигание, выпаривание, остекловывание, цементирование. Кондиционирование РАО. Упаковки РАО. Хранение радиоактивных отходов. Захоронение радиоактивных отходов. Варианты, критерии для захоронения РАО. Требования к обеспечению безопасности на всех этапах жизненного цикла РАО. |

*Практические/семинарские занятия*

| Недели      | №         | Наименование раздела /темы дисциплины                                    | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             |           |                                                                          | <b>1 сессия</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>1-6</b>  | <b>1.</b> | <b>Ядерный топливный цикл (ЯТЦ)</b>                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 1-3         | 1.1.      | Тема: Введение. Развитие ядерной энергетики и ядерного топливного цикла. | Современная электроэнергетика России. Использование альтернативных источников энергии в настоящем и перспективы развития.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 4-6         | 1.2.      | Тема: Характеристики ядерного топливного цикла                           | Ядерный топливный цикл в России. Перспективы перехода к Замкнутому ЯТЦ. Проект «Прорыв».                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>7-16</b> | <b>2.</b> | <b>Начальная стадии ЯТЦ</b>                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 7-9         | 2.1.      | Тема: Добыча и переработка урановой руды                                 | Месторождения, рудники и объемы добычи в разных странах мира. Работа с Integrated Nuclear Fuel Cycle Information System (INFCIS) Использование базы данных МАГАТЭ по предприятиям ядерного топливного цикла. Методы сортировки урановой руды: радиометрический, гравитационный, флотационный. Переработка урановой руды. Экологические последствия добычи урана в Казахстане, Кыргызстане, Узбекистане и др. странах. Оценка возможностей вторичной переработки отвалов уранового производства. |
| 10-12       | 2.2.      | Тема: Аффинаж, конверсия и обогащение                                    | Методы конверсии урана в разных странах. Объемы производства гексафторида урана в разных странах. Основные игроки мирового рынка конверсии урана.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|                 |           |                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |           | природного урана                                                        | Современное состояние обогатительных производств. Банк ядерного топлива. Единица работы разделения.                                                                                                                                                                                                                                       |
| 13-16           | 2.3.      | Тема: Изготовление уранового топлива (ТВЭЛ, ТВС)                        | Основные характеристики ТВЭЛ. Основные характеристики ТВС. Выгорающие поглотители и их функция. ТВЭГи. Расчет потребностей в природном уране для изготовления топлива. Расходный коэффициент.                                                                                                                                             |
| <b>2 сессия</b> |           |                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>1-3</b>      | <b>3.</b> | <b>Эксплуатация АЭС</b>                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1-3             | 3.1.      | Тема: Общие вопросы эксплуатации АЭС                                    | Основные характеристики реакторной установки. Процесс изготовления реактора. Основные параметры первого контура. Производители оборудования первого контура.                                                                                                                                                                              |
| <b>4-11</b>     | <b>4.</b> | <b>Заключительная стадия ЯТЦ</b>                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 4-8             | 4.1.      | Тема: Обращение с отработавшим ядерным топливом.                        | Характеристики ОЯТ. Радиоактивность. Радиотоксичность. Содержание продуктов деления, плутония, малых актинидов. Транспортный упаковочный комплект (ТУК). Контейнеры для хранения ОЯТ. Заводы по переработке ОЯТ. Онкало – первый пункт глубинного захоронения ОЯТ.                                                                        |
| 9-11            | 4.2.      | Тема: Вывод из эксплуатации объектов ЯТЦ.                               | Нормативно-правовая база по вопросам вывода из эксплуатации объектов ядерного топливного цикла. Документы МАГАТЭ. Федеральные нормы и правила. Руководства по безопасности. Проблемные вопросы реабилитации бывших урановых производств в странах Центральной Азии. Состояние работ по выводу из эксплуатации АЭС в Российской Федерации. |
| <b>12-16</b>    | <b>5.</b> | <b>Обращение с радиоактивными отходами на этапах ЯТЦ</b>                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 12-13           | 5.1.      | Тема: Общие понятия о РАО. Источники РАО на этапах ЯТЦ                  | Определение категории и классов РАО по удельной активности, тепловыделению, уровню поверхностного загрязнения, мощности гамма-излучения. Ситуационные задачи.                                                                                                                                                                             |
| 14-16           | 5.2.      | Тема: Безопасное обращение с радиоактивными отходами на всех этапах ЯТЦ | Демонстрация процессов переработки РАО: прессование, плазменно-пиролитическая переработка, сжигание, выпаривание, остекловывание, цементирование.                                                                                                                                                                                         |

*Лабораторные занятия*

Не предусмотрены.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Апсэ В.А., Шмелев А.Н. Ядерные технологии. Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2008. – 128 с.
2. Integrated Nuclear Fuel Cycle Information System (iNFCIS). — URL: <https://www.iaea.org/resources/databases/integrated-nuclear-fuel-cycle-information-system-infcis> (дата обращения: 28.08.2021). — Режим доступа: свободный.
3. Ядерная энергетика. Проблемы. Решения: в 2-х ч./ М-во образ. и науки РФ, Нац. ядер. ун-т «МИФИ»; ред. М.Н. Стриханов. – М.: НИЯУ МИФИ: ЦСПиМ. Ч. 1/ В. В. Харитонов [и др.]. – 2011. – 424 с.

4. Пронкин, Н. С. Обеспечение безопасности обращения с радиоактивными отходами предприятий ядерного топливного цикла : учебное пособие / Н. С. Пронкин. — Москва : Логос, 2020. — 420 с. — ISBN 978-5-98704-599-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/163071> (дата обращения: 28.08.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Бушуев, Н. И. История и технология ядерной энергетики : учебное пособие / Н. И. Бушуев. — Москва : МИСИ – МГСУ, 2015. — 232 с. — ISBN 978-5-7264-1060-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/73680> (дата обращения: 28.08.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 8.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

| № п/п                                     | Контролируемые разделы (темы) дисциплины | Индикатор достижения компетенции                                                                                                                                 | Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации |
|-------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>Текущая аттестация, 1 сессия</b>       |                                          |                                                                                                                                                                  |                                                                     |
| 1.                                        | Раздел 1-2                               | З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1<br>З-УК-2, У-УК-2, В-УК-2<br>З-УК-5, У-УК-5, В-УК-5<br>З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6<br>З-ОПК-1, У-ОПК-1, В- ОПК-1<br>З-ОПК-2, У-ОПК-2, В- ОПК-2 | Реферат                                                             |
| <b>Промежуточная аттестация, 1 сессия</b> |                                          |                                                                                                                                                                  |                                                                     |
|                                           | Экзамен                                  | З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1<br>З-УК-2, У-УК-2, В-УК-2<br>З-УК-5, У-УК-5, В-УК-5<br>З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6<br>З-ОПК-1, У-ОПК-1, В- ОПК-1<br>З-ОПК-2, У-ОПК-2, В- ОПК-2 | Экзаменационный билет                                               |
| <b>Текущая аттестация, 2 сессия</b>       |                                          |                                                                                                                                                                  |                                                                     |
| 1.                                        | Раздел 3-5                               | З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1<br>З-УК-2, У-УК-2, В-УК-2<br>З-УК-5, У-УК-5, В-УК-5<br>З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6<br>З-ОПК-1, У-ОПК-1, В- ОПК-1<br>З-ОПК-2, У-ОПК-2, В- ОПК-2 | Контрольная работа                                                  |
| <b>Промежуточная аттестация, 2 сессия</b> |                                          |                                                                                                                                                                  |                                                                     |
|                                           | Экзамен                                  | З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1<br>З-УК-2, У-УК-2, В-УК-2<br>З-УК-5, У-УК-5, В-УК-5<br>З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6<br>З-ОПК-1, У-ОПК-1, В- ОПК-1<br>З-ОПК-2, У-ОПК-2, В- ОПК-2 | Экзаменационный билет                                               |

## 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

## 8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

- Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.
- Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.
- Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.
- Текущая аттестация осуществляется один раз в семестр:
  - контрольная точка – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины за весь учебный семестр.
- Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

| Этап рейтинговой системы /<br>Оценочное средство | Неделя       | Балл      |            |
|--------------------------------------------------|--------------|-----------|------------|
|                                                  |              | Минимум*  | Максимум   |
| <b>Текущая аттестация</b>                        | <b>1-16</b>  | <b>36</b> | <b>60</b>  |
| <b>Контрольная точка № 1</b>                     | <b>15-16</b> | <b>36</b> | <b>60</b>  |
| <i>Реферат</i>                                   | 15-16        | 36        | 60         |
| <b>Промежуточная аттестация</b>                  | <b>-</b>     | <b>24</b> | <b>40</b>  |
| Экзамен                                          |              |           |            |
| <i>Экзаменационный билет</i>                     |              | 24        | 40         |
| <b>ИТОГО за зимнюю сессию</b>                    |              | <b>60</b> | <b>100</b> |
| <b>Текущая аттестация</b>                        | <b>1-16</b>  | <b>36</b> | <b>60</b>  |
| <b>Контрольная точка № 2</b>                     | <b>15-16</b> | <b>36</b> | <b>60</b>  |
| <i>Контрольная работа</i>                        | 15-16        | 36        | 60         |
| <b>Промежуточная аттестация</b>                  | <b>-</b>     | <b>24</b> | <b>40</b>  |
| Экзамен                                          |              |           |            |
| <i>Экзаменационный билет</i>                     |              | 24        | 40         |
| <b>ИТОГО за весеннюю сессию</b>                  |              | <b>60</b> | <b>100</b> |

\* - Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае

обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

Студент считается аттестованным по разделу, экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Студент может быть аттестован по дисциплине, если он аттестован по каждому разделу, экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

#### ***Определение бонусов и штрафов***

Бонусы: поощрительные баллы студент может получить к своему рейтингу в конце семестра за присутствие на лекциях, практических и лабораторных занятиях и активную и регулярную работу на занятиях.

Бонус (премиальные баллы) не может превышать 5 баллов, вместе с баллами за текущую аттестацию – не более 60 баллов за семестр.

#### **8.4. Шкала оценки образовательных достижений**

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных обучающимся при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

| <b><i>Сумма баллов</i></b> | <b><i>Оценка по 4-х балльной шкале</i></b>       | <b><i>Оценка ECTS</i></b> | <b><i>Требования к уровню освоения учебной дисциплины</i></b>                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><i>90-100</i></b>       | <b><i>5- «отлично»/ «зачтено»</i></b>            | <b><i>A</i></b>           | Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, 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 |
| <b><i>85-89</i></b>        | <b><i>4 - «хорошо»/ «зачтено»</i></b>            | <b><i>B</i></b>           | Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос                                                                                                     |
| <b><i>75-84</i></b>        |                                                  | <b><i>C</i></b>           |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b><i>70--74</i></b>       |                                                  | <b><i>D</i></b>           |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b><i>65-69</i></b>        | <b><i>3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»</i></b> | <b><i>D</i></b>           | Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении                           |
| <b><i>60-64</i></b>        |                                                  | <b><i>E</i></b>           |                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|      |                                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------|--------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |                                            |   | программного материала                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 0-59 | 2 - «неудовлетворительно»/<br>«не зачтено» | F | Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине |

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Апсэ В.А., Шмелев А.Н. Ядерные технологии. Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2008. – 128 с.
2. Бушуев, Н. И. История и технология ядерной энергетики : учебное пособие / Н. И. Бушуев. — Москва : МИСИ – МГСУ, 2015. — 232 с. — ISBN 978-5-7264-1060-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/73680> (дата обращения: 03.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Постановление Ростехнадзора от 02.12.2005 N 11 "Об утверждении и введении в действие федеральных норм и правил в области использования атомной энергии "Общие положения обеспечения безопасности объектов ядерного топливного цикла (ОПБ ОЯТЦ)" (НП-016-05)" [Электронный ресурс] Открытый доступ с 20-00 до 24-00, в выходные и праздничные дни на официальном сайте Правовой системы «Консультант плюс» [Официальный сайт]. – URL: <http://www.consultant.ru/>
4. Рон К. Усовершенствованные варианты ядерного топливного цикла – на пути к устойчивому развитию (OECD/NEA) // Безопасность ядерных технологий и окружающей среды. – 2012. – № 1. [Электронный ресурс] Открытый доступ на <http://www.atomic-energy.ru/articles/2013/02/11/39406>

### *б) дополнительная учебная литература:*

1. Пронкин, Н. С. Обеспечение безопасности обращения с радиоактивными отходами предприятий ядерного топливного цикла : учебное пособие / Н. С. Пронкин. — Москва : Логос, 2020. — 420 с. — ISBN 978-5-98704-599-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/163071> (дата обращения: 28.08.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Алексеев, С. В. Торий в ядерной энергетике / С. В. Алексеев, В. А. Зайцев. — Москва : Техносфера, 2014. — 288 с. — ISBN 978-5-94836-394-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/76154> (дата обращения: 28.08.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Кузнецов В.М., Хвостова М.С., Шингаркин М.А. Концепция безопасности при выводе из эксплуатации объектов атомного наследия // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. 2014. № 1. С. 25-31. [Электронный ресурс] Открытый доступ на E-library <http://elibrary.ru/item.asp?id=21649082>.
4. Крышев И.И. Экологическая безопасность ядерно-энергетического комплекса России: науч. издание/ И. И. Крышев, Е. П. Рязанцев. – М.: ИздАТ, 2000. – 384 с.

5. Алексеев, С. В. Нитридное топливо для ядерной энергетики : монография / С. В. Алексеев, В. А. Зайцев. — Москва : Техносфера, 2013. — 240 с. — ISBN 978-5-94836-374-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/73528> (дата обращения: 03.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Лаверов Н.П., Величкин В.И., Пэк А.А. Радиогеоэкологические проблемы начального и завершающего этапов ядерного топливного цикла // Безопасность ядерных технологий и окружающей среды. — 2010. — №4 [Электронный ресурс] <http://www.atomic-energy.ru/articles/2012/11/29/37520>
7. Агапов А.М., Грачев В.А. Экологическая политика Госкорпорации «Росатом» и система ее реализации // Безопасность ядерных технологий и окружающей среды. — 2010. — №4 [Электронный ресурс] [www.atomic-energy.ru/articles/2012/08/31/35681](http://www.atomic-energy.ru/articles/2012/08/31/35681).

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Госкорпорация Росатом [Официальный сайт]. — URL: [http:// www.rosatom.ru/](http://www.rosatom.ru/)
2. Ростехнадзор [Официальный сайт]. — URL: [http:// www.gosnadzor.ru/](http://www.gosnadzor.ru/)
3. МАГАТЭ [Официальный сайт]. — URL: [http:// www.iaea.org](http://www.iaea.org)
4. Урановый холдинг АРМЗ [Официальный сайт]. — URL: <http://www.armz.ru/>
5. Топливная компания Росатома «ТВЭЛ» [Официальный сайт]. — URL: <http://www.tvel.ru/wps/wcm/connect/tvel/tvelsite/>
6. Горно-химический комбинат [Официальный сайт]. — URL: <http://www.sibghk.ru/>
7. Сибирский химический комбинат [Официальный сайт]. — URL: <http://atomsib.ru/>
8. Производственное объединение Маяк [Официальный сайт]. — URL: <http://www.pomayak.ru/>
9. ФГУП Радон [Официальный сайт]. — URL: <http://www.radon.ru/>
10. Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами [Официальный сайт]. — URL: <http://www.norao.ru/>
11. Integrated Nuclear Fuel Cycle Information System (iNFCIS). — URL: <https://www.iaea.org/resources/databases/integrated-nuclear-fuel-cycle-information-system-infcis> (дата обращения: 28.08.2021).
12. Российское атомное сообщество [Официальный сайт]. — URL: <http://www.atomic-energy.ru/>
13. Единая государственная автоматизированная система контроля радиационной обстановки на территории Российской Федерации (ЕГАСКРО) [Официальный сайт]. — URL: <http://egaskro.ru/>
14. Правовая система «Консультант плюс» [Официальный сайт]. — URL: <http://www.consultant.ru/>

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

*Лекции* являются основной формой обучения в высшем учебном заведении. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных материалов, производственных решений, технических достижений в области Ядерного топливного цикла, освещение главнейших положений безопасности объектов ЯТЦ. В тетради для конспектирования лекций должны быть поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись.

В ходе изучения дисциплины «Ядерный топливный цикл» часто большое значение имеют рисунки, схемы и поэтому в конспекте лекции рекомендуется делать все рисунки, которые преподаватель делает на доске и акцентирует Ваше внимание в презентации. Вопросы,

возникшие у Вас в ходе лекций, рекомендуется делать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснениями к преподавателю. Необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций рекомендуется использовать при подготовке к практическим занятиям и к экзамену.

**Практические занятия** проводятся в форме семинарских, на которых проводится опрос (устно) по пройденным темам и оцениваются знания студентов. Некоторые занятия проводятся в форме групповых дискуссий, круглых столов, на семинарах также решаются конкретные ситуационные задачи. Для подготовки к ним необходимо заранее ознакомиться с представленными вопросами, которые будут разбираться на занятии. Прочитать лекции по разбираемой теме, основную и дополнительную литературу. На ряде занятий будут представлены доклады.

### **Реферат**

Студент вправе избрать для реферата из списка предложенных тем, для доклада – любую тему в пределах программы учебной дисциплины. Важно при этом учитывать ее актуальность, научную разработанность, возможность нахождения необходимых источников для изучения темы реферата (доклада), имеющиеся у студента начальные знания и личный интерес к выбору данной темы.

После выбора темы реферата (доклада) составляется перечень источников (монографий, научных статей, законодательных и иных нормативных правовых актов, справочной литературы, содержащей комментарии, статистические данные, результаты социологических исследований и т.п.).

Реферат (доклад) – это самостоятельная учебно-исследовательская работа студента, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее. Содержание материала должно быть логичным, изложение материала носит проблемно-поисковый характер.

Примерные этапы работы над рефератом (докладом): формулирование темы (тема должна быть актуальной, оригинальной и интересной по содержанию); подбор и изучение основных источников по теме (как правило, не менее 10); составление библиографии; обработка и систематизация информации; разработка плана; написание реферата (доклада); публичное выступление с результатами исследования (на семинарах в рамках круглых столов).

Реферат (доклад) должен отражать: знание современного состояния проблемы; обоснование выбранной темы; использование известных результатов и фактов; полноту цитируемой литературы, ссылки на работы ученых, занимающихся данной проблемой; актуальность поставленной проблемы; материал, подтверждающий научное, либо практическое значение в настоящее время.

Не позднее, чем за 5 дней до защиты или выступления реферат (доклад) представляется на рецензию преподавателю.

Защита реферата или выступление с докладом продолжается в течение 5–7 минут по плану. Выступающему студенту, по окончании представления реферата (доклада), могут быть заданы вопросы по теме реферата (доклада).

Рекомендуемый объем реферата 10–15 страниц компьютерного (машинописного) текста, доклада – 2–3 страницы.

### **Рекомендации по организации самостоятельной работы**

Согласно учебному плану ряд вопросов общей программы вынесен для самостоятельной проработки с последующей проверкой полученных знаний и их закрепления на практических занятиях.

При подготовке к практическим занятиям необходимо:

1. Прочитать литературу, рекомендованную преподавателем, а также конспект лекций.
2. Готовясь к занятию, не пытайтесь все выучить. Главное усвоить основные понятия, и что самое важное разбираться в них. Не бойтесь на практических занятиях выяснять у преподавателя ответ на интересующий вас вопрос и высказывать свое мнение.

**При подготовке к экзамену** необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рабочую программу дисциплины, нормативную, учебную и рекомендуемую литературу.

Основное в подготовке к сдаче экзамена – это повторение всего материала дисциплины, по которому необходимо сдавать экзамен. При подготовке к сдаче экзамена студент весь объем работы должен распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену, контролировать каждый день выполнение намеченной работы.

В период подготовки к экзамену студент вновь обращается к уже изученному (пройденному) учебному материалу.

Для успешной сдачи экзамена по дисциплине студенты должны принимать во внимание, что все основные категории дисциплины, которые указаны в рабочей программе, нужно знать, понимать их смысл и уметь его разъяснить; указанные в рабочей программе формируемые общекультурные компетенции в результате освоения дисциплины должны быть продемонстрированы студентом; семинарские занятия способствуют получению более высокого уровня знаний и, как следствие, более высокой оценке на экзамене; готовиться к экзамену необходимо начинать с первой лекции.

## **12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)**

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешенном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

- 1) Создание и управление классами,
- 2) Создание курсов,
- 3) Организация записи учащихся на курс,
- 4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
- 5) Публикация заданий для учеников,
- 6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
- 7) Организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

### ***12.1. Перечень информационных технологий***

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- проведение лекций и практических занятий с использованием слайд-презентаций;
- использование компьютерного тестирования;
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты и ЭИОС.

### ***12.2. Перечень программного обеспечения***

- Редактор презентаций Microsoft PowerPoint;
- Браузеры: Google Chrome, Internet Explorer, Yandex, Mozilla Firefox, Opera.
- Локальная компьютерная сеть и глобальная сеть Интернет.

### 12.3. Перечень информационных справочных систем

Доступ к электронным библиотечным ресурсам и электронной библиотечной системе (ЭБС) осуществляется посредством специальных разделов на официальном сайте ИАТЭ НИЯУ МИФИ. Обеспечен доступ к электронным каталогам библиотеки ИАТЭ НИЯУ МИФИ, а также электронным образовательным ресурсам (ЭИОС), сформированным на основании прямых договоров с правообладателями учебной и учебно-методической литературы, методических пособий:

- 1) Информационные ресурсы Сети Консультант Плюс, [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) (информация нормативно-правового характера на основе современных компьютерных и телекоммуникационных технологий);
- 2) Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ, [http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK](http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK);
- 3) ЭБС «Издательства Лань», <https://e.lanbook.com/>;
- 4) Электронно-библиотечная система BOOK.ru, [www.book.ru](http://www.book.ru);
- 5) Базы данных «Электронно-библиотечная система elibrary» (ЭБС elibrary);
- 6) Базовая версия ЭБС IPRbooks, [www.iprbooks.ru](http://www.iprbooks.ru);
- 7) Базы данных «Электронная библиотека технического ВУЗа» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru);
- 8) Электронно-библиотечная система «Айбукс.py/ibooks.ru», <http://ibooks.ru/home.php?routine=bookshelf>
- 9) Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ», <http://urait.ru/>.

### 13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для лекционных и практических занятий необходима аудитория, оснащенная ноутбуком и проектором.

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации с современными средствами демонстрации (мультимедийное оборудование), а также помещения для самостоятельной работы студентов

### 14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

#### 14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

При преподавании дисциплины применяются разнообразные образовательные технологии, включающие пассивные, активные и интерактивные формы проведения занятий.

| №<br>пп | Наименование<br>темы дисциплины                | Вид занятий<br>(лекция,<br>семинары,<br>практические<br>занятия) | Количество<br>ак. ч. | Наименование активных и<br>интерактивных форм проведения<br>занятий |
|---------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1       | Характеристики<br>ядерного топливного<br>цикла | Практические<br>занятия                                          | 1                    | Групповая дискуссия                                                 |

|   |                                            |                      |   |                     |
|---|--------------------------------------------|----------------------|---|---------------------|
| 2 | Добыча и переработка урановой руды         | Практические занятия | 1 | Круглый стол        |
| 3 | Изготовление уранового топлива (ТВЭЛ, ТВС) | Практические занятия | 2 | Ситуационные задачи |
| 4 | Общие вопросы эксплуатации АЭС             | Лекция               | 1 | Лекция-беседа       |
| 5 | Обращение с отработавшим ядерным топливом. | Практические занятия | 1 | Групповая дискуссия |
| 6 | Вывод из эксплуатации объектов ЯТЦ.        | Практические занятия | 1 | Круглый стол        |

**14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)**

**Темы, выносимые для самостоятельного изучения**

1. Ядерная энергетика в мире, состояние и перспективы.
2. Экологические последствия добычи урана.
3. Ториевый топливный цикл. Преимущества и недостатки.
4. Коэффициент разделения и обогащения.
5. Топливные элементы иностранного производства.
6. Системы безопасности на АЭС.
7. Инженерные барьеры защиты.
8. Нейтронное излучение ОЯТ.
9. Коэффициент размножения. Реактивность.
10. Материальный баланс ядерного топлива открытого цикла.
11. Воспроизводство ядерного топлива в реакторе.
12. Выгорание и накопление тяжелых изотопов и продуктов деления.
13. Оценка потребности АЭС в топливе.
14. Стоимость отдельных этапов ЯТЦ.
15. МОХ топливо.
16. Нераспространение ядерных материалов. Основные аспекты, связанные с проблемой нераспространения ядерных материалов.
17. Малая ядерная энергетика.
18. Реакторы типа БРЕСТ и перспективы их использования.
19. Перспективные проекты АЭС в России.
20. Мировой опыт вывода из эксплуатации АЭС.

**Вопросы для самоконтроля**

1. Каковы особенности ядерного топлива как источника энергии?
2. В чем состоит невозможность полного сжигания топлива в ядерном реакторе?
3. Что такое активация материалов в активной зоне реактора?
4. Что такое коэффициент возврата топлива в цикл, его значение.
5. Каковы основные технологии, связанные с добычей урана?

6. Какое воздействие оказывают открытый и подземных способ добычи урана на население?
7. Какие существуют методы обогащения урановой руды при добыче?
8. Что подразумевается под выщелачиванием урана?
9. Как получают сухой концентрат урана?
10. Зачем получают чистые окислы урана?
11. Какое радиационное воздействие существует в процессе добычи урана?
12. В чем преимущество газоцентрифужного метода над газодиффузионным?
13. Их каких этапов состоит производство твэлов? Насколько безопасно данное производство?
14. На чем основан процесс получения энергии в ядерном реакторе?
15. Каковы основные компоненты ядерного реактора? АЭС?
16. Какие типы реакторов вы знаете? В чем их характерная особенность?
17. Какое воздействие оказывает АЭС в процессе нормальной эксплуатации на окружающую среду и население?
18. Какие схемы переработки ОЯТ существуют?
19. Существуют ли перспективы использования ОЯТ в России?
20. Какая из схем ЯТЦ с позиций экологической безопасности будет иметь меньшее воздействие на окружающую среду и человека?

#### **Типовые задания для самопроверки**

1. Оценить возможность рекультивации территорий бывших урановых месторождений
2. Оценить степень влияния АЭС на водоем-охладитель.
3. Оценить потребность в топливе (природном уране, обедненном уране, регинерированном) любого вида реактора.
4. Оценить топливную составляющую в себестоимости 1кВт\*час электроэнергии, выработанной АЭС. Сравнить с затратами ТЭС.
5. Оценить количество нарабатываемого ОЯТ на АЭС и РАО при переработке ОЯТ.

#### **14.3. Краткий терминологический словарь**

*Аффинаж* – получение ядерночистых соединений урана.

*Конверсия урана* – производственный процесс химической переработки урана, в ходе которой природный уран в форме порошка – закиси-окиси ( $U_3O_8$ ) переводится в гексафторид урана ( $UF_6$ ) – соединение, легко переходящее в газообразное состояние.

*Облученные тепловыделяющие сборки ядерного реактора* – облученные в ядерном реакторе и извлеченные из него тепловыделяющие сборки, содержащие отработавшее ядерное топливо.

*Обогащение* – процессам изотопного разделения, при котором количество определенного изотопа элемента в смеси увеличивается.

*Пункты хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, пункты хранения, хранилища радиоактивных отходов* – стационарные объекты и сооружения, не относящиеся к ядерным установкам, радиационным источникам и предназначенные для хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, хранения или захоронения радиоактивных отходов.

*Пьюрекс-процесс* – технологический процесс переработки облученного ядерного топлива.

*Радиоактивные отходы* – не подлежащие дальнейшему использованию материалы и вещества, а также оборудование, изделия (в том числе отработавшие источники ионизирующего излучения), содержание радионуклидов в которых превышает уровни, установленные в соответствии с критериями, установленными Правительством Российской Федерации.

*Тепловыделяющая сборка ядерного реактора* – машиностроительное изделие, содержащее ядерные материалы и предназначенное для получения тепловой энергии в ядерном реакторе за счет осуществления контролируемой ядерной реакции.

*Урановые руды* – природные минеральные образования, содержащие уран в таких концентрациях, количествах и соединениях, при которых его промышленная добыча экономически целесообразна.

*Экологическая безопасность* – состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

*Ядерный топливный цикл* – комплекс мероприятий для обеспечения функционирования ядерных реакторов, осуществляемых в системе предприятий, связанных между собой потоком ядерного материала и включающих урановые рудники, заводы по переработке урановой руды, конверсии урана, обогащению и изготовлению топлива, ядерные реакторы, хранилища отработавшего топлива, заводы по переработке отработавшего топлива и связанные с ними промежуточные хранилища и хранилища для захоронения радиоактивных отходов

*Ядерные материалы* – материалы, содержащие или способные воспроизвести делящиеся (расщепляющиеся) ядерные вещества.

*Ядерные установки* – сооружения и комплексы с ядерными реакторами, в том числе атомные станции, суда и другие плавсредства, космические и летательные аппараты, другие транспортные и транспортабельные средства; сооружения и комплексы с промышленными, экспериментальными и исследовательскими ядерными реакторами, критическими и подкритическими ядерными стендами; сооружения, комплексы, полигоны, установки и устройства с ядерными зарядами для использования в мирных целях; другие содержащие ядерные материалы сооружения, комплексы, установки для производства, использования, переработки, транспортирования ядерного топлива и ядерных материалов.

## **15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

**Для лиц с нарушением слуха** возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а так же, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий. Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.)

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае обучающийся предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

**Для лиц с нарушением зрения** допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а так же использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях

ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

**Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата** не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия обучающийся может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия обучающийся должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем обучающийся в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

## **Программу составила:**

---

**Д.С. Самохин**  
доцент отделения ядерной физики и технологий (О),  
кандидат технических наук

## **Рецензенты:**

---

**Р.В. Фомин**  
старший преподаватель отделения ядерной физики и технологий  
(О), кандидат технических наук

---

**А.М. Жуков**  
начальник комплекса критических стендов БФС АО «ГНЦ РФ –  
ФЭИ», кандидат технических наук