

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**

Одобрено на заседании  
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол от 24.04.2023 № 23.4

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Основы технологий ядерного топливного цикла / Fundamentals of Nuclear  
Fuel Cycle Technology**

---

*название дисциплины*

для направления подготовки

**14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

---

*код и название направления подготовки*

образовательная программа

**Nuclear Technologies**

---

Форма обучения: очная

**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) БАКАЛАВРИАТА

Дисциплина реализуется в рамках части, формируемой участниками образовательных отношений и относится к профессиональному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: Общая физика, Химия, Ядерные технологии, Экология, Ядерная физика.

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Оборудование ядерных энергетических установок, Принципы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, Экологическая безопасность.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

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

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

| Код компетенций | Наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции  |
|-----------------|--|---|
| ПК-1.1          | Способен к проведению предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов в области проектирования ядерных энергетических установок | З-ПК-1.1 Знать основы управления, организации и планирования производства; Знать ключевое оборудование, эксплуатируемое в составе атомных электростанций.<br>У-ПК-1.1 Уметь осуществлять управление, организацию и планирование производства с учетом передовых мировых стандартов; Уметь проводить инженерные расчеты и проектирование ЯЭУ;<br>В-ПК-1.1 Владеть навыками работы на основных программных комплексах, необходимых для проведения инженерных расчетов при проектировании ЯЭУ; |

|       |   |   |
|-------|---|---|
|       |   | Владеть навыками работы на основных программных продуктах поддержки эксплуатации АЭС.   |
| ПК-12 | Способен применять нормы и правила ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности | З-ПК-12 Знать нормы и правила ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности;<br>У-ПК-12 Уметь применять нормы и правила ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности;<br>В-ПК-12 Владеть навыками применения норм и правил ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности. |

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

| Направления/цели воспитания | Задачи воспитания (код)  | Воспитательный потенциал дисциплин  |
|-----------------------------|--|---|
| Интеллектуальное воспитание | - формирование культуры умственного труда (В11)  | Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.   |
| Профессиональное воспитание | - формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17) | 1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за научно-технические достижения России, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок.<br>2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности за результаты исследований и их последствия, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечение в реальные научно-исследовательские проекты. |
|                             | - формирование ответственности за профессиональный   | Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для   |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  | <p>выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)</p>  | <p>формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.</p>   |
|  | <p>- формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)</p>  | <p>1. Использование воспитательного потенциала дисциплин, профессионального модуля для:<br/>- формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские курсовые проекты.<br/>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.</p>   |
|  | <p>- формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20);<br/>- формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B21);<br/>- формирование творческого инженерного мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)</p> | <p>1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождения практик и подготовку ВКР.<br/>2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для:<br/>- формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем</p> |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>подкрепления рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</p>   |
|  | <p>- формирование культуры информационной безопасности (B23)</p>   | <p>Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уровне пользователям.</p>  |
|  | <p>- формирование культуры ядерной и радиационной безопасности (B24);<br/> - формирование профессиональной ответственности в области разработки, а также применения современных методов, приборов и систем для достижения устойчивого развития мирных ядерных технологий, направленных на улучшение труда и жизни человека (B25);<br/> - формирование ответственной позиции по применению ядерных технологий в свете сохранения окружающей среды для будущих поколений (B26)</p> | <p>1. Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн.<br/> 2. Использование воспитательного потенциала содержания учебных дисциплин «Экология», «Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений», «Ядерные технологии», «Радиационная гигиена», «Атомное право», «Радиационная и экологическая безопасность объектов ЯТЦ» для формирования личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной безопасности посредством изучения основополагающих документов по культуре ядерной безопасности, разработанных МАГАТЭ и российскими регулирующими органами, норм и правил обращения с радиоактивными отходами и ядерными материалами.<br/> 3. Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин «Информатика», «Принципы обеспечения безопасности АЭС», «Принципы обеспечения безопасности</p> |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>эксплуатации АЭС», «Критерии безопасности и оценки риска», «Ядерные технологии и экология топливного цикла», «Информационные и компьютерные технологии», «Физические основы получения информации», «Информационная безопасность», «Автоматизированная система управления технологическим процессом АЭС», «Системы управления и защиты ядерных энергетических установок» для формирования личной ответственности за соблюдение и обеспечение кибербезопасности и информационной безопасности объектов атомной отрасли через изучение вопросов организации информационной безопасности на объектах атомной отрасли, основных принципов построения системы АСУТП ядерных объектов, методов защиты и хранения информации, принципов построения глубокоэшелонированной и гибкой системы безопасности ядерно-физических объектов.</p> <p>4. Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений», «Ядерные технологии», «Радиационная и экологическая безопасность объектов ЯТЦ», «Техногенные системы и экологический риск», «Безопасное обращение с РАО и ОЯТ», «Радиационная экология» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработке ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.</p> |
|--|--|--|

**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: |
|--|---------------------------------|
| <b>Контактная работа обучающихся с преподавателем</b>            |                                 |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>                                | 32                              |
| В том числе:   |                                 |
| лекции   | 16                              |
| практические занятия<br>(из них в форме практической подготовки) | 16<br>(0)                       |
| лабораторные занятия<br>(из них в форме практической подготовки) | 0<br>(0)                        |
| <b>Промежуточная аттестация</b>                                  |                                 |
| В том числе:   |                                 |
| зачет  | -                               |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся</b>                        |                                 |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся</b>                        | 40                              |
| <b>Всего (часы):</b>   | <b>72</b>                       |
| <b>Всего (зачетные единицы):</b>                                 | <b>2</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>1-4</b>   | <b>1.</b> | <b>Ядерный топливный цикл (ЯТЦ)</b>                                      | <b>4</b>                       | <b>4</b> |     |        | <b>10</b> |
| 1-2          | 1.1.      | Тема: Введение. Развитие ядерной энергетики и ядерного топливного цикла. | 2                              | 2        |     |        | 6         |
| 3-4          | 1.2.      | Тема: Характеристики ядерного топливного цикла                           | 2                              | 2        |     |        | 4         |
| <b>5-10</b>  | <b>2.</b> | <b>Начальная стадии ЯТЦ</b>  | <b>6</b>                       | <b>6</b> |     |        | <b>14</b> |
| 5-6          | 2.1.      | Тема: Добыча и переработка урановой руды                                 | 2                              | 2        |     |        | 6         |
| 7-8          | 2.2.      | Тема: Аффинаж, конверсия и обогащение природного урана                   | 2                              | 2        |     |        | 4         |
| 9-10         | 2.3.      | Тема: Изготовление уранового топлива (ТВЭЛ, ТВС)                         | 2                              | 2        |     |        | 4         |
| <b>11-12</b> | <b>3.</b> | <b>Эксплуатация АЭС</b>  | <b>2</b>                       | <b>2</b> |     |        | <b>6</b>  |
| 11-12        | 3.1.      | Тема: Общие вопросы эксплуатации АЭС                                     | 2                              | 2        |     |        | 6         |
| <b>13-16</b> | <b>4.</b> | <b>Заключительная стадия ЯТЦ</b>   | <b>4</b>                       | <b>4</b> |     |        | <b>10</b> |

|       |      |  |           |           |  |           |
|-------|------|--|-----------|-----------|--|-----------|
| 13-14 | 4.1. | Тема: Обращение с отработавшим ядерным топливом. | 2         | 2         |  | 6         |
| 15-16 | 4.2. | Тема: Вывод из эксплуатации объектов ЯТЦ.        | 2         | 2         |  | 4         |
|       |      | <b>Итого:</b>                                    | <b>16</b> | <b>16</b> |  | <b>40</b> |

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная контактная работа, СРО – самостоятельная работа.

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

### Лекционный курс

| Недели     | №         | Наименование раздела /темы дисциплины                                    | Содержание  |
|------------|-----------|--|---|
| <b>1-3</b> | <b>1.</b> | <b>Ядерный топливный цикл (ЯТЦ)</b>                                      |   |
| 1          | 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.   |
| 3          | 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>5-9</b> | <b>2.</b> | <b>Начальная стадии ЯТЦ</b>  |   |
| 5          | 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.  |
| 7          | 2.2.      | Тема: Аффинаж, конверсия и обогащение природного урана                   | Получение чистых соединений урана. Аффинажное производство. Методы: осадительный, сорбционный, экстракционный. 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.  |
| 9            | 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>11</b>    | <b>3.</b> | <b>Эксплуатация АЭС</b>                          |   |
| 11           | 3.1.      | Тема: Общие вопросы эксплуатации АЭС             | Основные принципы получения энергии в атомном реакторе. Управление цепной реакцией деления. Остаточное тепловыделение. Основные компоненты реактора: делящееся вещество, замедлитель, система охлаждения, система безопасности, система регулирования. Основное оборудование АЭС. 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>13-15</b> | <b>4.</b> | <b>Заключительная стадия ЯТЦ</b>                 |   |
| 13           | 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.   |
| 15           | 4.2.      | Тема: Вывод из эксплуатации объектов ЯТЦ.        | Концепция вывода из эксплуатации ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения. 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. Опытно-демонстрационный центр вывода из эксплуатации уран-графитовых ядерных реакторов (ОДЦ УГР).  |

*Практические/семинарские занятия*

| Недели     | №         | Наименование раздела /темы дисциплины | Содержание                                   |
|------------|-----------|---------------------------------------|--|
| <b>2-4</b> | <b>1.</b> | <b>Ядерный топливный цикл (ЯТЦ)</b>   |  |
| 2          | 1.1.      | Тема: Введение.                       | Современная электроэнергетика России и Мира. |

|             |           |  |   |
|-------------|-----------|--|---|
|             |           | Развитие ядерной энергетики и ядерного топливного цикла. | Использование альтернативных источников энергии в настоящем и перспективы развития.   |
| 4           | 1.2.      | Тема: Характеристики ядерного топливного цикла           | Ядерный топливный цикл в России и других стран. Перспективы перехода к Замкнутому ЯТЦ. Проект «Прорыв».   |
| <b>6-10</b> | <b>2.</b> | <b>Начальная стадии ЯТЦ</b>                              |   |
| 6           | 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. |
| 8           | 2.2.      | Тема: Аффинаж, конверсия и обогащение природного урана   | Методы конверсии урана в разных странах. Объемы производства гексафторида урана в разных странах. Основные игроки мирового рынка конверсии урана. Современное состояние обогатительных производств. Банк ядерного топлива. Единица работы разделения.   |
| 10          | 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>1-3</b>  | <b>3.</b> | <b>Эксплуатация АЭС</b>                                  |   |
| 12          | 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>                         |   |
| 14          | 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.  |
| 16          | 4.2.      | Тема: Вывод из эксплуатации объектов ЯТЦ.                | Нормативно-правовая база по вопросам вывода из эксплуатации объектов ядерного топливного цикла. Документы МАГАТЭ. Федеральные норма 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.   |

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

1. Nuclear Fuel Cycle / World Nuclear Association. — URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle.aspx> (дата обращения: 28.08.2021). — Режим доступа: свободный.
2. Nuclear Energy, Seventh Edition: An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes / 7th Edition by Raymond Murray (Author), Keith E. Holbert (Author). — Butterworth-Heinemann; 7 edition (February 21, 2014). — 576 p.
3. Nuclear Power and the Environment: RSC (Issues in Environmental Science and Technology) 1st Edition /by R M Harrison (Editor), R E Hester (Editor), John Walls (Contributor), Francis Livens (Contributor), Jim Smith (Contributor), Jon Lloyd (Contributor), Anthony Banford (Contributor), Kath Morris (Contributor), Joanna Renshaw (Contributor), & 10 more. — Royal Society of Chemistry; 1 edition (September 1, 2011). — 228 p.

## 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, 5 семестр</b>       |  |  |   |
| 1.   | Раздел 1-2                               | З-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1<br>З-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-2 | Тестирование №1   |
| 2.   | Раздел 3-4                               | З-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1<br>З-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-2 | Тестирование №2   |
| <b>Промежуточная аттестация, 5 семестр</b> |  |  |   |
|  | Зачет                                    | З-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1<br>З-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-2 | Зачетный 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 два раза в семестр:
  - контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
  - контрольная точка № 2 (КТ № 2) – 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 с 9 по 16 неделю учебного семестра.
- 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>7-8</b>   | <b>18</b> | <b>30</b>  |
| <i>Тестирование №1</i>                           | 7-8          | 18        | 30         |
| <b>Контрольная точка № 2</b>                     | <b>15-16</b> | <b>18</b> | <b>30</b>  |
| <i>Тестирование №2</i>                           | 15-16        | 18        | 30         |
| <b>Промежуточная аттестация</b>                  | <b>-</b>     | <b>24</b> | <b>40</b>  |
| Зачет  | -            |           |            |
| <i>Зачетный билет</i>                            | -            | 24        | 40         |
| <b>ИТОГО по дисциплине</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

| <i>Сумма баллов</i> | <i>Оценка по 4-х балльной шкале</i>        | <i>Оценка ECTS</i> | <i>Требования к уровню освоения учебной дисциплины</i>   |
|---------------------|--|--------------------|--|
| <b>90-100</b>       | 5- «отлично»/ «зачтено»                    | A                  | 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>85-89</b>        | 4 - «хорошо»/<br>«зачтено»                 | 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>75-84</b>        |  | C                  |  |
| <b>70--74</b>       |  | D                  |  |
| <b>65-69</b>        | 3 - «удовлетворительно»/<br>«зачтено»      | D                  | 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 программного материала  |
| <b>60-64</b>        |  | E                  |  |
| <b>0-59</b>         | 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

### *а) основная учебная литература:*

1. Nuclear Fuel Cycle / World Nuclear Association. — URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle.aspx> (дата обращения: 28.08.2021). — Режим доступа: свободный.
2. Nuclear Energy, Seventh Edition: An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes / 7th Edition by Raymond Murray (Author), Keith E. Holbert (Author). — Butterworth-Heinemann; 7 edition (February 21, 2014). — 576 p.
3. Nuclear Power and the Environment: RSC (Issues in Environmental Science and Technology) 1st Edition /by R M Harrison (Editor), R E Hester (Editor), John Walls (Contributor), Francis Livens (Contributor), Jim Smith (Contributor), Jon Lloyd (Contributor), Anthony Banford (Contributor), Kath Morris (Contributor), Joanna Renshaw (Contributor), & 10 more. — Royal Society of Chemistry; 1 edition (September 1, 2011). — 228 p.
4. Multilateral approaches to the nuclear fuel cycle / Expert group report to the director general of the international atomic energy agency. — International Atomic Energy Agency, Vienna, 2005 — URL: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/mna-2005\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/mna-2005_web.pdf) (дата обращения: 28.08.2021). — Режим доступа: свободный.

### *б) дополнительная учебная литература:*

1. 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).
2. Safety of Nuclear Fuel Cycle Facilities, Specific Safety Requirements. 2017. — URL: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1791\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1791_web.pdf) (дата обращения: 28.08.2021). — Режим доступа: свободный.
3. Decommissioning of Nuclear Power Plants, Research Reactors and Other Nuclear Fuel Cycle Facilities, Specific Safety Guides, — International Atomic Energy Agency, Vienna, 2018. — URL: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1812\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1812_web.pdf) (дата обращения: 28.08.2021). — Режим доступа: свободный.

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

1. International Atomic Energy Agency [Официальный сайт]. — URL: <https://www.iaea.org/>.
2. Integrated Nuclear Fuel Cycle Information System (iNFCIS). — URL: <https://www.iaea.org/resources/databases/integrated-nuclear-fuel-cycle-information-system-infcis>. — Режим доступа: свободный. (дата обращения: 28.08.2021).
3. The State Atomic Energy Corporation ROSATOM [Официальный сайт]. — URL: <https://www.rosatom.ru/en/> — Режим доступа: свободный (дата обращения: 28.08.2021)
4. Orano [Официальный сайт]. — URL: <https://www.orano.group/en>. — Режим доступа: свободный (дата обращения: 28.08.2021).
5. URENCO [Официальный сайт]. — URL: <https://www.urencocom/> — Режим доступа: свободный (дата обращения: 28.08.2021).
6. Cameco Corp. [Официальный сайт]. — URL: <https://www.cameco.com/> — Режим доступа: свободный (дата обращения: 28.08.2021).
7. Westinghouse Electric Company LLC [Официальный сайт]. — URL: <https://www.westinghousenuclear.com/> — Режим доступа: свободный (дата обращения: 28.08.2021).

8. Kazatomprom JSC NAC [Официальный сайт]. — URL: <https://www.kazatomprom.kz/en> — Режим доступа: свободный (дата обращения: 28.08.2021).
9. ВНР [Официальный сайт]. — URL: <https://www.bhp.com/> — Режим доступа: свободный (дата обращения: 28.08.2021).

## 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.

### *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 зачету* необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рабочую программу дисциплины, нормативную, учебную и рекомендуемую литературу.

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

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

Для успешной сдачи зачета 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 компетенции в результате освоения дисциплины должны быть продемонстрированы студентом; практические занятия способствуют получению более высокого уровня знаний и, как следствие, более высокой оценке на зачете; готовиться к зачету 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 смешанном 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.ру/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

| № пп | Наименование темы дисциплины               | Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия) | Количество ак. ч. | Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий |
|------|--|--|-------------------|---|
| 1    | Характеристики ядерного топливного цикла   | Практические 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. MOX 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 газодиффузионного метода над газодиффузионным?
13. Из 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 (при необходимости)**

*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 также, 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 также 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:**

\_\_\_\_\_ **О.А. Момот**

доцент отделения ядерной физики и технологий (О),  
кандидат биологических наук

#### **Рецензенты:**

\_\_\_\_\_ **Р.В. Фомин**

доцент отделения ядерной физики и технологий (О),  
кандидат технических наук

\_\_\_\_\_ **А.М. Жуков**

начальник комплекса критических стендов БФС АО «ГНЦ РФ –  
ФЭИ», кандидат технических наук

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

|   |  |
|---|--|
| <p>Программа рассмотрена на заседании<br/>отделения ядерной физики и технологий<br/>(протокол № ____ от «__» _____ 2021 г.)</p> | <p>Руководитель образовательной программы<br/>14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика<br/>«__» ____ 20__ г. _____ Д.С. Самохин</p> <p>Начальник отделения ядерной физики и<br/>технологий<br/>«__» ____ 20__ г. _____ Д.С. Самохин</p> |
|---|--|