

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

Долматов О.Ю.

«25» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2019 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ ОЧНАЯ**

**МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ИЗМЕРЕНИЙ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

|                                                                                                                                   |                                                        |         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------|-----|
| Направление подготовки/<br>специальность                                                                                          | 14.04.02 Ядерные физика и технологии                   |         |     |
| Образовательная программа<br>(направленность (профиль))                                                                           | Ядерные реакторы и материалы                           |         |     |
| Специализация                                                                                                                     | Безопасность и нераспространение ядерных<br>материалов |         |     |
| Уровень образования                                                                                                               | высшее образование - магистратура                      |         |     |
| Курс                                                                                                                              | 2                                                      | семестр | 3   |
| Трудоемкость в кредитах<br>(зачетных единицах)                                                                                    | 6                                                      |         |     |
| Виды учебной деятельности                                                                                                         | Временной ресурс                                       |         |     |
| Контактная (аудиторная)<br>работа, ч                                                                                              | Лекции                                                 |         | 16  |
|                                                                                                                                   | Практические занятия                                   |         | -   |
|                                                                                                                                   | Лабораторные занятия                                   |         | 32  |
|                                                                                                                                   | ВСЕГО                                                  |         | 48  |
| Самостоятельная работа, ч                                                                                                         |                                                        |         | 168 |
| ИТОГО, ч                                                                                                                          |                                                        |         | 216 |
| В том числе отдельные виды самостоятельной работы с<br>выделенной промежуточной аттестацией<br>(курсовой проект, курсовая работы) |                                                        |         | КП  |

Вид промежуточной  
аттестации

**Экзамен**  
**Диф.зачёт**

Обеспечивающее  
подразделение

**ОЯТЦ**

Заведующий кафедрой-  
руководитель отделения  
Руководитель ООП  
Преподаватель

|                                                                                      |               |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|   | А.Г. Горюнов  |
|  | М.С. Кузнецов |
|                                                                                      | М.С. Кузнецов |

2020г

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                           | Индикаторы достижения компетенций |                                                                                                                                                                                                                                                            | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции) |                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                                    | Код индикатора                    | Наименование индикатора достижения                                                                                                                                                                                                                         | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                                                                          |
| УК-2            | Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла                                                                                                    | И.УК-2.1                          | Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения и план реализации проекта с использованием инструментов планирования | УК-2.1В1                                                    | Владеет опытом разработки концепции проекта, ведения и контроля реализации проекта                                                                                                                    |
|                 |                                                                                                                                                                    |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                            | УК-2.1У1                                                    | Умеет формулировать цель, задачи, значимости ожидаемых результатов проекта                                                                                                                            |
|                 |                                                                                                                                                                    |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                            | УК-2.1З1                                                    | Знает основные принципы, закономерности и методы управления проектом на всех этапах его жизненного цикла; требования к проектам и их результатам                                                      |
|                 |                                                                                                                                                                    | И.УК-2.1                          | Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта.                                                                     | УК-2.2В1                                                    | Владеет опытом оценки эффективности реализации проекта и разработки плана действий по его корректировке                                                                                               |
|                 |                                                                                                                                                                    |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                            | УК-2.2У1                                                    | Умеет определять потребности в ресурсах для реализации проекта                                                                                                                                        |
|                 |                                                                                                                                                                    |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                            | УК-2.2З1                                                    | Знает основные способы оценки эффективности проектной деятельности                                                                                                                                    |
| ОПК-2           | Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы                                                         | И.ОПК-2.4                         | Обеспечивает необходимый качественный и количественный анализ физико-химических измерений ядерных материалов и радиоактивных веществ                                                                                                                       | ОПК-2.4В1                                                   | Владеет опытом расчета погрешностей и неопределённостей возникающих при анализе ЯМ и РВ                                                                                                               |
|                 |                                                                                                                                                                    |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                            | ОПК-2.4У1                                                   | Умеет определять величины погрешностей, находить их источники при проведении подтверждающих измерений ЯМ и РВ                                                                                         |
|                 |                                                                                                                                                                    |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                            | ОПК-2.4З1                                                   | Знает разделы теории вероятностей и математической статистики применительно к анализу ЯМ и РВ, стандартные погрешности измерительных комплексов, применяемых в УИК ЯМ методами неразрушающего анализа |
| ПК(У)-2         | Готовность применять методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий | И.ПК(У)-2.2                       | Проводит измерения основных параметров ядерных материалов с помощью физико-химических и инструментальных методов                                                                                                                                           | ПК(У)-2.2В1                                                 | Владеть практическими навыками проведения инструментальных измерений ядерных материалов и радиоактивных веществ.                                                                                      |
|                 |                                                                                                                                                                    |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                            | ПК(У)-2.2У1                                                 | Умеет применять методики подтверждающих измерений ядерных материалов.                                                                                                                                 |
|                 |                                                                                                                                                                    |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                            | ПК(У)-2.2З1                                                 | Знает программы измерений ядерных материалов и радиоактивных веществ на предприятиях атомной отрасли с целью их учета и контроля.                                                                     |

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

| Планируемые результаты обучения по дисциплине |                                                                                                                                                | Индикатор достижения компетенции |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Код                                           | Наименование                                                                                                                                   |                                  |
| РД 1                                          | Выполнять расчетное сопровождение работ, связанных с анализом ядерных материалов и радиоактивных веществ.                                      | И.УК-2.1<br>И.УК-2.1             |
| РД 2                                          | Применять экспериментальные методы определения ядерных материалов и радиоактивных веществ с заданной точностью                                 | И.ОПК-2.4<br>И.ПК(У)-2.2         |
| РД 3                                          | Выполнять обработку и анализ данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях ядерных материалов и радиоактивных веществ | И.ОПК-2.4                        |

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

## 4. Структура и содержание дисциплины

### Основные виды учебной деятельности

| Разделы дисциплины                                                                                                                                         | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Раздел 1. Гамма-спектрометрический анализ.                                                                                                                 | РД 1                                         | Лекции                    | 4                 |
|                                                                                                                                                            | РД 2                                         | Лабораторные занятия      | 12                |
|                                                                                                                                                            | РД 3                                         | Самостоятельная работа    | 50                |
| Раздел 2. Основы определения изотопного состава урана.                                                                                                     | РД 1                                         | Лекции                    | 4                 |
|                                                                                                                                                            | РД 2                                         | Лабораторные занятия      | 12                |
|                                                                                                                                                            | РД 3                                         | Самостоятельная работа    | 50                |
| Раздел 3. Альфа, бета и масс-спектрометрия                                                                                                                 | РД 1                                         | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                                                                            | РД 2                                         | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                                                                                                            | РД 3                                         | Самостоятельная работа    | 20                |
| Раздел 4. Основы рентгенфлуоресцентного анализа                                                                                                            | РД 1                                         | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                                                                            | РД 2                                         | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                                                                                                            | РД 3                                         | Самостоятельная работа    | 20                |
| Раздел 5. Основы регистрации полного потока нейтронов. Приборы регистрации полного потока нейтронов. Принципы и приборы регистрации нейтронных совпадений. | РД 1                                         | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                                                                            | РД 2                                         | Лабораторные занятия      | 0                 |
|                                                                                                                                                            | РД 3                                         | Самостоятельная работа    | 14                |
| Раздел 6. Качественные и полуколичественные измерения                                                                                                      | РД 1                                         | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                                                                            | РД 2                                         | Лабораторные занятия      | 0                 |
|                                                                                                                                                            | РД 3                                         | Самостоятельная работа    | 14                |

Содержание разделов дисциплины:

### Раздел 1. Гамма-спектрометрический анализ.

Задачи гамма-спектрометрического анализа. Основные погрешности при проведении гамма-спектрометрического анализа ЯМ и РВ. Методики обработки спектров ЯМ и РВ. Вопросы анализа спектра, определения радионуклидного состава излучателей и их активности (количества).

**Темы лекций:**

1. Определение эффективности регистрации гамма-спектрометрического тракта. Выбор детектора. Обработка спектров при гамма-спектрометрии.
2. Вопросы анализа спектра, определения радионуклидного состава излучателей и их активности (количества). Погрешности спектрометрического анализа.

**Названия лабораторных работ**

1. Эффективность регистрации гамма-квантов источников сложных геометрий.
2. Набор и анализ гамма-спектров в управляющей среде Genie-2000 с использованием HpGe детектора.

|                                                               |
|---------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 2. Основы определения изотопного состава урана.</b> |
|---------------------------------------------------------------|

Атомарное и весовое содержание урана и их соотношение. Излучение образцов урана: при измерении обогащения часто используется линия 186 кэВ. Обычно интерференции в области гамма-излучения нет, за исключением случаев, связанных с измерением регенерированного топлива. Методика гамма-измерений бесконечных образцов. В качестве бесконечного принимается геометрия коллимированного образца, имеющего толщину, намного превышающую длину свободного пробега гамма-квантов с энергией 186 кэВ. Схема установки. Однокомпонентная (металлический уран) и двухкомпонентная (простые соединения урана) задачи.

**Темы лекций:**

1. Основы определения изотопного состава урана.
2. Особенности обработки спектральных данных

**Названия лабораторных работ**

1. Измерение изотопного состава урана с помощью германиевого гамма-спектрометра (LeGe детектора).
2. Изучение возможностей InSpector™ 1000 для определения дозы и поиска источников излучения»

|                                                   |
|---------------------------------------------------|
| <b>Раздел 3. Альфа, бета и масс-спектрометрия</b> |
|---------------------------------------------------|

Определение энергии заряженных частиц по пробегу и плотности ионизации. Измерение энергии частиц с помощью ионизационных камер, сцинтилляционных и полупроводниковых счетчиков. Магнитные спектрометры заряженных частиц. Альфа спектрометрия и ее приложения. Бета спектрометрия и ее приложения. Особенности и возможности анализа бета-спектра. Масс-спектрометрия.

**Темы лекций:**

1. Альфа, бета и масс-спектрометрия

**Названия лабораторных работ**

1. Альфа-спектрометрические измерения относительного содержания  $^{238}\text{Pu}$  в образцах плутония

|                                                        |
|--------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 4. Основы рентгенфлуоресцентного анализа</b> |
|--------------------------------------------------------|

Образование рентгеновского излучения. Выход флуоресценции. Пропускание фотонов. Геометрия измерений. Типы источников. Эффекты ослабления в образце. Методы поправки на ослабление. Основное уравнение анализа. Типы используемых приборов. Точность и чувствительность анализов.

#### **Темы лекций:**

1. Основы рентгенфлуоресцентного анализа

#### **Названия лабораторных работ**

1. Определение содержания ядерных материалов с помощью ренгено-флуоресцентного анализатора (на базе РФА анализатора «СПЕКТРОСКАН-МАКС-G»)

|                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 5. Основы регистрации полного потока нейтронов. Приборы регистрации полного потока нейтронов. Принципы и приборы регистрации нейтронных совпадений.</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Рассматриваются основные принципы применения регистрации полного потока нейтронов для пассивного анализа материалов, содержащих уран и плутоний. Приборы регистрации полного потока нейтронов и их применение в порядке увеличения сложности. Специальные применения приборов регистрации полного потока нейтронов. Метод нейтронных совпадений для определения массы образцов урана и плутония на основе нейтронного излучения. Описана контракция счетчиков нейтронных совпадений и особенности работы.

#### **Темы лекций:**

1. Основы регистрации полного потока нейтронов. Приборы регистрации полного потока нейтронов. Принципы и приборы регистрации нейтронных совпадений.

|                                                              |
|--------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 6. Качественные и полуколичественные измерения</b> |
|--------------------------------------------------------------|

В разделе рассмотрены атрибутивные признаки ядерных материалов и способы их измерения. Рассмотрены полуколичественные измерения отходов, подтверждающие измерения при проведении инвентаризации и передаче материалов, измерения отложений.

#### **Темы лекций:**

1. Качественные и полуколичественные измерения

### **5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

1. Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
2. Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
3. Перевод текстов с иностранных языков;
4. Подготовка к лабораторным работам;
5. Выполнение курсового проекта;
6. Подготовка к оценивающим мероприятиям.

### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

##### **Основная литература**

1. Методы и приборы для измерения ядерных и других радиоактивных материалов : учебное пособие / В. И. Бойко, И. И. Жерин, В. Д. Каратаев [и др.]; под ред. В. И. Бойко, М. Е. Силаева. — Москва: Изд-во МНТЦ, 2011. — 356 с.: ил. — Текст : непосредственный.
2. Методы и приборы измерений ядерных материалов: лабораторный практикум :

учебное пособие / А. В. Бушуев, А. Ф. Кожин, Е. В. Петрова, Т. Б. Алеева. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 156 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75761> (дата обращения: 05.03.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Кузнецов, Михаил Сергеевич. Физические и химические методы анализа ядерных материалов: электронный курс / М. С. Кузнецов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Физико-технический институт (ФТИ), Кафедра физико-энергетических установок (№ 21) (ФЭУ). — Электрон. дан. — Томск : TPU Moodle, 2014. — URL: <http://design.lms.tpu.ru/course/view.php?id=755> (дата обращения: 26.02.2019) — Режим доступа: доступ по логину и паролю. - Текст : электронный.

### **Дополнительная литература**

1. Широков, Ю. А. Надзор и контроль в сфере безопасности : учебник / Ю. А. Широков. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 412 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/123675> (дата обращения: 05.03.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей..

2. Технические аспекты ядерного нераспространения : учебное пособие / Э. Ф. Крючков, Н. И. Гераскин, В. Б. Глебов, В. М. Мухомов. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. — 224 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75756> (дата обращения: 18.02.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Методические рекомендации по проведению инспекционных измерений и применению статистических методов при надзоре за учетом и контролем ядерных материалов: приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 21.09.2015 г. N 367 // ИСС «Кодекс» : [сайт]. - URL : <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/> (дата обращения: (05.03.2019). - Режим доступа : по подписке. - Текст : электронный.

4. Об утверждении федеральных норм и правил в области использования атомной энергии "Основные правила учета и контроля ядерных материалов: утв. приказом Ростехнадзора от 17.04.2012 № 255: // ИСС «Кодекс» : [сайт]. - URL : <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/> (дата обращения: (28.02.2019). - Режим доступа : по подписке. - Текст : электронный.

## **6.2. Информационное обеспечение**

### **Информационное обеспечение дисциплины**

- Научно-электронная библиотека eLIBRARY.RU - <https://elibrary.ru/defaultx.asp>
- Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
- Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>
- Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>
- Серия изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности - <https://www.iaea.org/ru/resursy/seriya-izdaniy-magatay-po-fizicheskoy-yadernoy-bezopasnosti>
- Международная база ядерных данных - <https://www.nnrc.bnl.gov/nudat2/>

### **Информационное обеспечение курсового проекта**

- Физические и химические методы анализа ядерных материалов: электронный курс / М. С. Кузнецов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет- <http://design.lms.tpu.ru/course/view.php?id=755>
- - Методические рекомендации по проведению инспекционных измерений и применению статистических методов при надзоре за учетом и контролем ядерных материалов: приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 21.09.2015 г. N 367- <http://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>

- Серия изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности - <https://www.iaea.org/ru/resursy/seriya-izdaniy-magate-po-fizicheskoy-yadernoy-bezopasnosti>
- Международная база ядерных данных - <https://www.nndc.bnl.gov/nudat2/>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Программное обеспечение для управления вакуумом в измерительных камерах;
2. Программное обеспечение для управления спектрометром и анализа альфа спектров;
3. Предустановленная операционная система Windows 7 Pro Rus 32-bit;
4. Прикладное программное обеспечение в среде Windows-LSRM2000;
5. Прикладное программное обеспечение в среде Windows - LSRM-2000;
6. Базовое программное обеспечение Genie-2000 для МКА Inspector (S504C);
7. Служебное программное обеспечение; Программное обеспечение Genie-2000;
8. S501C Программное обеспечение Genie-2000 по анализу гамма спектров;
9. S509 Программное обеспечение Genie2000 для альфа анализа;
10. S504 Базовое ПО Genie-2000; S535C ПО Genie-2000 "Уран-плутониевый инспектор";
11. S573C ПО Genie-2000 по анализу гамма-спектров;
12. ПО расчёта калибровки по эффективности для Ge и NaI детекторов; Scint Basic; ИСС "Нуклиотека";
13. ПО для количественного и качественного анализа данных рентгенофлуоресцентного спектрометра;
14. ПО для определения вероятности следов химических элементов при анализе рентгенофлуоресцентных спектров;
15. S574C ПО расчёт калибровки по эффективности для лабораторных геометрий LabSOCS;
16. S506C ПО Genie-2000 по интерактивной подгонке пиков; ПО Genie-2000 по контролю качества;
17. S575C FRAM Isotopics Software;
18. ПО "Yntar Control"; S529C ПО для неразрушающего анализа образцов по нейтронному излучению

## 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

| №  | Наименование специальных помещений                                                                                                                                                                                           | Наименование оборудования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 318 | Комплект учебной мебели на 9 посадочных мест; Стол лабораторный - 14 шт.; Компьютер - 3 шт.; Принтер - 1 шт.<br>Аналитический комплекс "СПЕКТРОСКАН МАКС -G" с ПО для количественного и качественного анализа данных рентгенофлуоресцентного спектрометра, включая возможность определения неизвестных образцов - 1 шт.; Система для измерения характеристик фотонного излучения с ПО Genie-2000 по анализу гамма-спектров S573C и ПО расчёта калибровки по эффективности в полевых условиях ISOCS с 3D интерфейсом - 1 шт.; ОСГИ:Кобальт-57 - 1 шт.; ОСГИ:Марганец-54 - 1 шт.; Комплекс для проведения лабораторных работ по определению спектра гамма излучения - 1 шт.; ОСГИ:Церий-139 - 1 шт.; ОСАИ: Кюри-244 - 1 шт.; Лабораторный гамма спектрометр GC15919-IS-DSA с ПО расчёта калибровки по эффективности для лабораторных геометрий LabSOCS S574C и ПО FRAM Isotopics Software S575C - 1 шт.; Источник типа ОСГИ-3 Висмут- |



|    |                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                                                                                                                                                                                              | 207 - 1 шт.; Комплект источников ОСГИ - 1 шт.; Источник типа ОСГИ-3 Кобальт-60 - 1 шт.; Комплексная установка для проведения лабораторных работ по альфа-бета-гамма с ПО Genie-2000 для анализа альфа-спектров S509 - 1 шт.; ОСАИ: Радий -226 - 1 шт.; ОСГИ:Олово-113 - 1 шт.; Источник типа ОСГИ-3 Натрий-22 - 1 шт.; ОРИБИ:Стронций-90+Иттрий-90 - 1 шт.; Комплект источников ОСГИ-3 - 1 шт.; Источник типа ОСГИ-3 Железо-55 - 1 шт.; ОСАИ: Уран-233+Плутоний-238+Плутоний-239 - 1 шт.; Комплект источников ОСАИ - 1 шт.; Закрытый источник ионизирующего излучения - 2 шт.; Источник типа ОСГИ-3 Европий-152 - 1 шт.; Источник типа ОСГИ-3 Цезий-137 - 1 шт.; прибор ДРГ-05 - 1 шт.; ОИСН:Торий-232+Радий 226 - 2 шт.; Весы лабораторные ВЛТЭ-5000г с гирей калибровочной 2 кг F2 - 1 шт.; Спектрометр Гамма 1С - 1 шт.; Специализированный гамма спектрометр "Уран-плутониевый Инспектор" с базовым ПО Genie-2000 (версия на русском языке для InSpector, S504) и ПО S535C Genie-2000 "Уран-плутониевый инспектор" - 1 шт.; Лабораторный 2-х входовой альфа-спектрометр для спектрометрии альфа-излучений "Analyst 450A" с ПО для управления спектрометром и анализа альфа спектров - 1 шт.; ОСАИ: Плутоний-239 - 1 шт.; ОСГИ:Иттрий-88 - 1 шт.; ОСГИ:Торий-228 - 1 шт.; ОСГИ:Цинк-65 - 1 шт.; ОСАИ: Америций-241 - 1 шт.; Ручной цифровой спектрометр Inspector 1000 с базовым ПО Genie-2000 для МКА Inspector (S504C) и ПО Genie2000 и ПО Genie-2000 по анализу гамма спектров S501C - 1 шт.; Генератор АНР-1002 - 1 шт.; Система измерения плутониевых и урановых образцов - 1 шт.; ОСГИ:Америций-241 - 1 шт.; МКС-01Р Радиометр-дозиметр - 1 шт.; Источник типа ОСГИ-3 Барий-133 - 1 шт.; ОСГИ:Кадмий-109 - 1 шт.; ОИСН:Европий-152 - 1 шт.; ОСАИ: Плутоний-238+Плутоний-239 - 1 шт. |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 432А о | Комплект учебной мебели на 36 посадочных мест; Экран Lumien Master Control LMC-100130 - 1 шт.; Доска аудиторная настенная - 2 шт.; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.04.02 Ядерные физика и технологии, профиль / специализация «Безопасность и нераспространение ядерных материалов» (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

| Должность        | ФИО           |
|------------------|---------------|
| Доцент ОЯТЦ ИЯТШ | Кузнецов М.С. |

Программа одобрена на заседании выпускающего Отделения ядерно-топливного цикла ИЯТШ (протокол от «28» 06 2019г. №16).

Заведующий кафедрой - руководитель отделения ЯТЦ  
на правах кафедры, д.т.н.



Горюнов А.Г.

подпись



**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| Учебный год                 | Содержание /изменение                                                                                                                                                                                                               | Обсуждено на заседании<br>ОЯТЦ ИЯТШ (протокол) |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 2020/2021<br>учебный<br>год | 1. Обновлено программное обеспечение<br>2. Обновлен состав профессиональных баз данных и<br>информационно-справочных систем<br>3. Обновлено содержание разделов дисциплины<br>4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС | Протокол №28-д от<br>25.06.2020                |