

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 2020 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ ОЧНАЯ**

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА**

Направление подготовки/ специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Ядерная и радиационная безопасность		
Специализация	Ядерная и радиационная безопасность		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	1	семестр	1
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	24	
	Практические занятия	24	
	Лабораторные занятия	-	
	ВСЕГО	48	
Самостоятельная работа, ч		60	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)		курсовой проект	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной аттестации	Экзамен Диф.зачёт	Обеспечивающее подразделение	ОЯТЦ
---------------------------------	----------------------	---------------------------------	------

Заведующий кафедрой - руководитель отделения ЯТЦ на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель		А.Г.Горюнов
		В.С. Яковлева
		В.Н. Нестеров

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5. 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(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	И.УК(У)-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(У)-2.1В1	Владеет опытом разработки концепции проекта, ведения и контроля реализации проекта
				УК(У)-2.1У1	Умеет формулировать цель, задачи, значимость ожидаемых результатов проекта
				УК(У)-2.1З1	Знает основные принципы, закономерности и методы управления проектом на всех этапах его жизненного цикла; требования к проектам и их результатам
		И.УК(У)-2.2	Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта	УК(У)-2.2В1	Владеет опытом оценки эффективности реализации проекта и разработки плана действий по его корректировке
				УК(У)-2.2У1	Умеет определять потребности в ресурсах для реализации проекта
				УК(У)-2.2З1	Знает основные способы оценки эффективности проектной деятельности
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	И.ОПК(У)-2.1	Применяет современные методы исследования процессов, факторов и характеристик в соответствующих областях знаний, оценивает погрешности и неопределенности результатов	ОПК(У)-2.1В1	Владеет навыками применения современных методов измерения, расчета, анализа или моделирования величин и характеристик в соответствующих областях знаний, оценки погрешностей и неопределенности результатов
				ОПК(У)-2.1У1	Умеет применять современные методы измерения, расчета, анализа или моделирования величин и характеристик в соответствующих областях знаний, оценивать и представлять результаты выполненной работы
				ОПК(У)-2.1З1	Знает современные методы измерения, расчета, анализа или моделирования величин и характеристик в соответствующих областях знаний, представления результатов выполненной работы
ПК(У)-1	Способность к созданию теоретических и математических	И.ПК(У)-1.1	Создает теоретические, физические и математические модели, описывающие процессы и механизмы	ПК(У)-1.1В1	Владеет опытом создания теоретических и математических моделей, описывающих

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
	моделей в области ядерной физики и технологий		переноса излучений, ядерных материалов, радиоактивных веществ, и применяет их для решения задач в области ядерной и радиационной безопасности		процессы, протекающие на предприятиях ЯТЦ
				ПК(У)-1.1У1	Умеет создавать теоретические и математические модели, описывающие процессы, протекающие на предприятиях ЯТЦ
				ПК(У)-1.131	Знает общепринятые теоретические и математические модели, описывающие процессы, протекающие на предприятиях ЯТЦ
ПК(У)-5	Способность к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов РФ в области ядерной и радиационной безопасности, атомной энергии	И.ПК(У)-5.2	Демонстрирует знание и понимание основных и перспективных технологий ядерного топливного цикла, анализирует производственные процессы, необходимые для полноценного функционирования и эксплуатации ядерно-топливных циклов	ПК(У)-5.2В1	Владеет представлениями о перспективных видах производства ядерного топлива и последующего обращения с ним, навыками анализа производственных процессов, необходимых для полноценного функционирования и эксплуатации ядерно-топливных циклов
				ПК(У)-5.2У1	Умеет применять знания о процессах, протекающих в аппаратах производств ядерного топливного цикла, определять содержание технологических процессов и цепочек, необходимых для полноценного функционирования и развития ядерного топливного цикла
				ПК(У)-5.231	Знает основные технологические стадии и процессы, вовлеченные в ядерный топливный цикл открытого и закрытого типа, уран-плутониевый и торий-урановый циклы, конструкции реакторных установок нового типа, мировые тренды развития технологий производства ядерного топлива
ПК(У)-7	Способность формулировать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок, использовать знания методов анализа эколого-	И.ПК(У)-7.1	Составляет техническое задание, использует информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании схем и объектов, расчете и моделировании характеристик ядерных материалов, радиоактивных веществ, полей ионизирующих излучений	ПК(У)-7.1В1	Владеет навыками составления технического задания, использования информационных технологий и пакетов прикладных программ при проектировании схем и объектов, расчете и моделировании характеристик ядерных материалов, радиоактивных веществ, полей ионизирующих излучений
				ПК(У)-7.1У1	Умеет составлять техническое задание, использовать

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
	экономической эффективности при проектировании				информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании схем и объектов, расчете и моделировании характеристик ядерных материалов, радиоактивных веществ, полей ионизирующих излучений
				ПК(У)-7.131	Знает особенности и характеристики ионизирующих излучений, ядерных материалов, радиоактивных веществ, объектов ЯТЦ, теоретические основы методов и процессов в своей предметной области, современное состояние развития науки, техники и технологии в своей предметной области
ПК(У)-8	Готовность применять методы оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач, учета неопределенностей при проектировании	И.ПК(У)-8.1	Применяет методы оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач, производит оценку неопределенностей результатов	ПК(У)-8.1В1	Владеет методами оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач, навыками расчета неопределенностей результатов
				ПК(У)-8.1У1	Умеет применять методы оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач, производить оценку неопределенностей результатов
				ПК(У)-8.131	Знает методы оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач, методики оценок неопределенностей результатов

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

Дисциплина относится к базовой части Блока 2 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	
РД1	Применять знания общих законов, теорий, уравнений, методов ядерной физики и теории переноса нейтронов	И.ОПК(У)-2.1 И.ПК(У)-1.1
РД2	Выполнять расчеты нейтронно-физических характеристик реакторных установок	И.УК(У)-2.1 И.УК(У)-2.2 И.ПК(У)-7.1
РД3	Выполнять обработку и анализ данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях, ядерно-энергетических установок, потоков нейтронного и гамма излучения	И.ПК(У)-5.2, И.ПК(У)-8.1

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.
<b>Раздел 1. Внешние и внутренние ядерные топливные циклы</b>	РД1, РД3	Лекции	<b>16</b>
		Практические занятия	<b>8</b>
		Самостоятельная работа	<b>15</b>
<b>Раздел 2. Традиционные и перспективные ядерные топливные циклы</b>	РД2, РД3	Лекции	<b>8</b>
		Практические занятия	<b>16</b>
		Самостоятельная работа	<b>15</b>
<b>Курсовой проект</b>	РД1, РД2, РД3	Самостоятельная работа	<b>30</b>

Содержание разделов дисциплины:

### **Раздел 1. Внешние и внутренние ядерные топливные циклы.**

Основные положения ядерной физики, характеризующие работу ядерного реактора. Основные типы нейтронных реакций в ядерном реакторе. Особенности реакции деления и их практическое применение. Нейтронные эффективные сечения. Нейтронный цикл в реакторе. Эффективный коэффициент размножения. Принцип работы и классификация ядерных реакторов.

Ядерное топливо и ядерное горючее. Замедлитель. Теплоноситель. Параметры структуры активных зон гомогенных и гетерогенных ядерных реакторов.

Ядерный топливный цикл. Ядерные реакторы. Радиоактивные отходы (РАО). Облученное ядерное топливо (ОЯТ). Классификация основных ЯТЦ.

Основы технологий добычи урана и тория, обогащения урана и переработки облученного ядерного топлива.

### **Темы лекций:**

1. Принцип работы и классификация реакторов.
2. Основные взаимодействия нейтронов с ядрами топлива, замедлителя, поглотителя
3. Структуры активных зон реакторов на тепловых и быстрых нейтронах.
4. Ядерное топливо энергетических реакторов.
5. Определение спектра плотности потока нейтронов путем решения системы многогрупповых констант итерационным способом.
6. Нормировка спектра плотности потока нейтронов в подкритических и критических системах.
7. Определение эффективного коэффициента размножения нейтронов и запаса реактивности в активной зоне ядерного реактора.
8. Основы технологий добычи урана и тория, обогащения урана и переработки облученного ядерного топлива.

### **Темы практических занятий:**

1. Основные взаимодействия нейтронов с ядрами топлива, замедлителя, поглотителя.
2. Возможность создания самоподдерживающейся цепной реакции деления на воспроизводящих и делящихся ядрах.
3. Оценка ядерной безопасности при обращении со свежим ядерным топливом.
4. Определение спектра плотности потока нейтронов в объеме свежего ядерного топлива.
5. Определение спектра плотности потока сопутствующего гамма-излучения.
6. Оценка радиационной безопасности при обращении со свежим ядерным топливом.

## **Раздел 2. Традиционные и перспективные ядерные топливные циклы.**

Уран-плутониевый, торий-урановый и смешанные ядерные топливные циклы. Структурные схемы перемещения топлива в различных ЯТЦ. Применение реакторов-размножит

елей на быстрых нейтронах в уран-плутониевом топливном цикле.

Состояние исследований по уран-плутониевой, торий-урановой и смешанной загрузке легководного реактора. Параметры кампании и первых циклов выгорания. Балансы масс основных ядерных материалов и актиноидов в сравнении со стандартной и торий-плутониевой загрузкой. Дефицит запаздывающих нейтронов.

Параметры эксплуатации реактора, влияющие на состав ОЯТ. Нуклидный состав продуктов деления. Выдержка ОЯТ.

Физика реактора на быстрых нейтронах. Общие сведения о сечениях в области быстрых и промежуточных нейтронов. Спектр нейтронов в реакторе на быстрых нейтронах.

Особенности реализации ядерного топливного цикла на базе реакторов на быстрых нейтронах.

### **Темы лекций:**

1. Традиционные ЯТЦ и перспективные ЯТЦ.
2. Особенности нейтронно-физических параметров нуклидов, использующихся в различных ЯТЦ.
3. Выгорание и воспроизводство ядерного топлива.
4. Баланс ядерных материалов и актиноидов в ЯТЦ.
5. Особенности воспроизводства вторичных делящихся нуклидов в реакторах на быстрых и тепловых нейтронах.
6. Вопросы реализации замкнутого или закрытого ЯТЦ.

### **Темы практических занятий:**

1. Анализ эксплуатационных параметров и конструктивных особенностей ядерного реактора для определения нейтронно-физических параметров реактора.
2. Определение спектра плотности потока нейтронов в активной зоне ядерного реактора.
3. Нормировка спектра плотности потока нейтронов.
4. Эффективный коэффициент размножения нейтронов и запас реактивности.
5. Влияние эффектов самоэкранировки ядер на размножающие свойства активной зоны.
6. Влияние температуры эксплуатации материалов на размножающие свойства активной зоны.
7. Влияние компенсации запаса реактивности на формирование спектра плотности потока нейтронов.
8. Научный анализ расчетных результатов и возможности оптимизации нейтронно-физических параметров ядерных реакторов.

### **Темы курсового проекта:**

1. Определение нейтронно-физических параметров реактора ВВЭР-1000
2. Определение нейтронно-физических параметров реактора КЛТ-40С
3. Определение нейтронно-физических параметров реактора РБМК-1000
4. Определение нейтронно-физических параметров реактора ВТГР
5. Определение нейтронно-физических параметров реактора БН-800
6. Определение нейтронно-физических параметров реактора БРЕСТ

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

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

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Перевод текстов с иностранных языков;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Выполнение курсовой работы или проекта, работа над междисциплинарным проектом;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.

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

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

#### **Основная литература**

1. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов: учебное пособие / Г.Г. Бартоломей, Г.А. Бать, В.Д. Байбаков, М.С. Алтухов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Екатеринбург: Юланд, 2016. — 512 с. — Текст: непосредственный.
2. Владимирив, Владимир Иванович. Физика ядерных реакторов: практические задачи по их эксплуатации / В.И. Владимирив. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва: URSS, 2009. — 478 с.: ил. — Текст: непосредственный.

3. Красников, П.В. Расчеты физических характеристик ядерных реакторов: учебное пособие / П.В. Красников, С.В. Столотнюк, Я.Д. Столотнюк. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — URL: <https://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2019/m035.pdf> — Текст : электронный

### Дополнительная литература

1. Алексеев, С.В. Торий в ядерной энергетике / С.В. Алексеев, В.А. Зайцев. — Москва: Техносфера, 2014. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/76154>
2. Алексеев, С.В. Нитридное топливо для ядерной энергетики: монография / С.В. Алексеев, В.А. Зайцев. — Москва: Техносфера, 2013. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/73528>
3. Пронкин, Н.С. Регулирование безопасности обращения с радиоактивными отходами: учебное пособие / Н.С. Пронкин, Р.Б. Шарфутдинов, Н.И. Гераскин. — Москва: НИЯУ МИФИ, 2011. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75763>
4. Семиколенных, А.А. Оценка воздействия на окружающую среду объектов атомной энергетики: учебное пособие / А.А. Семиколенных, Ю.Г. Жаркова. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2013. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/65096>
5. Бекман, И.Н. Ядерные технологии: учебник для вузов / И.Н. Бекман. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020 — (Высшее образование). — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/426112>

## 6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Сетевой электронный учебно-методический комплекс “**Основы анализа внутренних ядерных топливных циклов в реакторных установках**” <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=1082>.
2. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>.
3. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>.

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

1. Microsoft Office 2013 Professional Plus Russian Academic
2. Google Chrome

## 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 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 248	Компьютер - 2 шт.; Принтер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.; Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Шкаф для документов - 10 шт.; Тумба подкатная - 5 шт.; Комплект учебной мебели на 30 посадочных мест
2.	Аудитория для проведения	Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.; Комплект

учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 431	учебной мебели на 32 посадочных мест.
---	---------------------------------------

Рабочая программа составлена на основе общей характеристики образовательной программы по направлению подготовки 14.04.02 «Ядерные физика и технологии» ООП «Ядерная и радиационная безопасность» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	ФИО
Доцент ОЯТЦ	Нестеров В.Н.

Программа одобрена на заседании выпускающего Отделения ядерно-топливного цикла ИЯТШ (протокол № 28 от 13.05.2020 г.).

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

  
 Горюнов А.Г.  
 подпись

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании Отделения ядерно- топливного цикла (протокол)