

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**

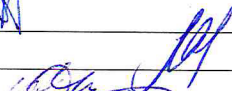
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
В ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ**

|                                                         |                                             |         |    |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------|----|
| Направление подготовки/<br>специальность                | 14.04.02 Ядерные физика и технологии        |         |    |
| Образовательная программа<br>(направленность (профиль)) | Ядерные реакторы и энергетические установки |         |    |
| Специализация                                           | Ядерные реакторы и энергетические установки |         |    |
| Уровень образования                                     | высшее образование - магистратура           |         |    |
|                                                         |                                             |         |    |
| Курс                                                    | 1                                           | семестр | 2  |
| Трудоемкость в кредитах<br>(зачетных единицах)          | 3                                           |         |    |
| Виды учебной деятельности                               | Временной ресурс                            |         |    |
| Контактная (аудиторная)<br>работа, ч                    | Лекции                                      |         | 16 |
|                                                         | Практические занятия                        |         | -  |
|                                                         | Лабораторные занятия                        |         | 32 |
|                                                         | ВСЕГО                                       |         | 48 |
| Самостоятельная работа, ч                               |                                             | 60      |    |
| ИТОГО, ч                                                |                                             | 108     |    |

Вид промежуточной  
аттестации

| Зачёт | Обеспечивающее<br>подразделение | ОЯТЦ |
|-------|---------------------------------|------|
|-------|---------------------------------|------|

Заведующий кафедрой-  
руководитель отделения  
Руководитель ООП  
Преподаватель

|                                                                                      |               |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|   | А.Г. Горюнов  |
|  | М.С. Кузнецов |
|  | Ю.Б. Чертков  |

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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| ПК(У)-1         | Способность к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий                                                                                                                                                                                    | И.ПК(У)-1.1                       | Проводит исследования, основанные на использовании теоретических и математических моделей параметров процессов и производств в атомной отрасли       | ПК(У)-1.1В1                                                 | Владеет опытом численного решения уравнений математической физики; составления программ компьютерных расчетов параметров и технологических процессов, пользования вычислительной техникой для решения специальных задач                                                                                                                           |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                   |                                                                                                                                                      | ПК(У)-1.1У1                                                 | Умеет использовать методики расчетов процессов, протекающих в ядерных реакторах и энергетических установках, с применением ЭВМ; методы моделирования, расчета и численных математических модели объектов разработки для проведения комплексных нейтронно-физических, теплогидравлических, прочностных расчетов, расчетов показателей безопасности |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                   |                                                                                                                                                      | ПК(У)-1.1З1                                                 | Знает о математическом моделировании как о методе физических исследований; об аналитических, приближенных и численных методах теплофизического и нейтронно-физического расчета ядерных энергетических установок                                                                                                                                   |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                   |                                                                                                                                                      | ПК(У)-1.1В4                                                 | Владеет навыками математического моделирования систем управления и защиты ядерных энергетических установок                                                                                                                                                                                                                                        |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                   |                                                                                                                                                      | ПК(У)-1.1У4                                                 | Умеет разрабатывать математическое обеспечение автоматизированных систем управления ядерными энергетическими установками                                                                                                                                                                                                                          |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                   |                                                                                                                                                      | ПК(У)-1.1З4                                                 | Знает математическое описание энергетических установок как технологических объектов управления                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 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-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов | И.ПК(У)-7.1.                      | Применяет существующие программные комплексы и информационные технологии для решения задач проектирования и расчета ядерных энергетических установок | ПК(У)-7.1В1                                                 | Владеет опытом сбора и навыками анализа информационных исходных данных для проектирования приборов и установок                                                                                                                                                                                                                                    |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                   |                                                                                                                                                      | ПК(У)-7.1У1                                                 | Умеет использовать информационные технологии при разработке новых ядерно-энергетических установок, материалов и приборов                                                                                                                                                                                                                          |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                   |                                                                                                                                                      | ПК(У)-7.1З1                                                 | Знает основные методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, алгоритмы и методы измерения ядерных материалов и полей ионизирующих излучений.                                                                                                           |

## 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                                          | Способен применять математические, естественнонаучные и профессиональные знания для теоретических и экспериментальных исследований в области прогнозирования работы ядерного реактора | И.ПК(У)-1.1                      |
| РД 2                                          | Способен выполнять расчеты нейтронно-физических характеристик реакторных установок                                                                                                    | И.ПК(У)-7.1                      |
| РД 3                                          | Способен анализировать параметры безопасной эксплуатации ядерных установок                                                                                                            | И.ПК(У)-1.1<br>И.ПК(У)-7.1       |

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 (модуль) 1. Моделирование физических процессов</b>             | РД1                                          | Лекции                    | <b>4</b>          |
|                                                                          |                                              | Практические занятия      |                   |
|                                                                          |                                              | Лабораторные занятия      | <b>8</b>          |
|                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | <b>15</b>         |
| <b>Раздел (модуль) 2. Нейтронно-физические расчеты ядерных реакторов</b> | РД1                                          | Лекции                    | <b>4</b>          |
|                                                                          | РД2                                          | Практические занятия      |                   |
|                                                                          | РД3                                          | Лабораторные занятия      | <b>8</b>          |
|                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | <b>15</b>         |
| <b>Раздел (модуль) 3. Реактивностные эффекты в ядерном реакторе.</b>     | РД1                                          | Лекции                    | <b>4</b>          |
|                                                                          | РД2                                          | Практические занятия      |                   |
|                                                                          | РД3                                          | Лабораторные занятия      | <b>8</b>          |
|                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | <b>15</b>         |
| <b>Раздел (модуль) 4. Эффекты отравления в ядерном реакторе</b>          | РД1                                          | Лекции                    | <b>4</b>          |
|                                                                          | РД2                                          | Практические занятия      |                   |
|                                                                          | РД3                                          | Лабораторные занятия      | <b>8</b>          |
|                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | <b>15</b>         |

Содержание разделов дисциплины:

### Раздел 1. Моделирование физических процессов

Предмет курса. Моделирование физических процессов в ядерных реакторах. Основные параметры ядерных реакторов. Коэффициент размножения нейтронов. Физические особенности ядерного реактора. Влияние конструктивных особенностей на физические параметры реактора.

**Темы лекций:**

1. Предмет курса. Моделирование физических процессов в ядерных реакторах. Характеристики запаздывающих нейтронов.
2. Основные параметры ядерных реакторов. Эффективный коэффициент размножения нейтронов. Реактивность.

**Названия лабораторных работ:**

1. Программа WIMS-ANL Численное моделирование процесса отравления реактора ксеноном-135.
2. Программа WIMS-ANL Численное моделирование процесса отравления реактора самарием-149.

|                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 2. Нейтронно-физические расчеты ядерных реакторов</b> |
|-----------------------------------------------------------------|

Реактивностные параметры реактора. Энерговыведение в активной зоне. Библиотеки нейтронных малогрупповых констант. Основные приближения уравнения переноса нейтронов.

**Темы лекций:**

1. Реактивностные параметры реактора. Плотность потока нейтронов. Глубина выгорания топлива. Энерговыведение в активной зоне.
2. Групповое приближение. Многогрупповой подход. Расчет изменения нуклидного состава топлива. Библиотеки нейтронных малогрупповых констант. Основные приближения уравнения переноса нейтронов.

**Названия лабораторных работ:**

1. Программа WIMS-ANL Численное моделирование процесса выгорания топлива.
2. Программа WIMS-ANL Численное моделирование процесса шлакования топлива.

|                                                             |
|-------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 3. Реактивностные эффекты в ядерном реакторе.</b> |
|-------------------------------------------------------------|

Реактивностные эффекты в ядерном реакторе. Отравление ксеноном-135. Отравление самарием-149. Температурные эффекты реактивности. Эффективность органов регулирования.

**Темы лекций:**

1. Конечно-разностные методы. Координатные сетки. Метод вероятностей первых столкновений.
2. Общая схема решения многогрупповой задачи с пространственной зависимостью макроконстант.

**Названия лабораторных работ:**

1. Программа DYNCO. Изучение поведения реактора ВВЭР-1000 при вводе положительной и отрицательной реактивности.
2. Программа DYNCO. Изучение поведения реактора ВВЭР-1000 в режиме перетравления после снижения мощности.

|                                                        |
|--------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 4. Эффекты отравления в ядерном реакторе</b> |
|--------------------------------------------------------|

Уравнения кинетики реактора с учетом запаздывающих нейтронов. Отравление реактора ксеноном-135. Отравление реактора самарием-149. Переходные процессы в реакторе при изменении уровня мощности.

**Темы лекций:**

1. Уравнения кинетики реактора с учетом запаздывающих нейтронов. Отравление реактора ксеноном-135. Переходные процессы в реакторе при изменении уровня мощности.
2. Отравление реактора самарием-149. Переходные процессы в реакторе при изменении уровня мощности.

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Программа DYNCO. Изучение поведения реактора ВВЭР-1000 при быстром вводе положительной реактивности величиной 0.2 – 0.5 Вэф.
2. Программа DYNCO. Изучение поведения реактора ВВЭР-1000 при быстром вводе большой реактивности.

### **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;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Подготовка к лабораторным работам и семинарским занятиям;
- Выполнение курсовой работы или проекта, работа над междисциплинарным проектом;
- Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

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

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

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

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

##### **Основная литература:**

1. Копосов, Е. Б. Кинетика ядерных реакторов : учебное пособие / Е. Б. Копосов. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. — 115 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/103467> (дата обращения: 19.02.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. 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. — 95 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/58558> (дата обращения: 19.02.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Широков, Сергей Васильевич. Физика ядерных реакторов : учебное пособие / С. В. Широков. — Минск : Вышэйшая школа, 2011. — 351 с.: ил. — Текст : непосредственный.
4. Владимиров, Владимир Иванович. Физика ядерных реакторов : практические задачи по их эксплуатации / В. И. Владимиров. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : URSS, 2009. — 478 с.: ил. — Текст : непосредственный.

### Дополнительная литература:

1. 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. — 95 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/58558> (дата обращения: 19.02.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Увакин, М. А. Лабораторный практикум "Физическая теория ядерных реакторов : учебное пособие / М. А. Увакин, В. И. Савандер. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2013. — 56 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75781> (дата обращения: 19.02.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## 6.2. Информационное и программное обеспечение

1. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>.
2. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>.
3. Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» - <http://www.rosatom.ru/>

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

1. Прикладное программное обеспечение для проведения лабораторных работ по курсу реакторной физики

## 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины (заполняется при наличии)

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<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 340                   | Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт. Доска аудиторная настенная - 2 шт.; |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 321 | Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест; Телевизор - 1 шт.; Принтер - 1 шт.; Компьютер - 13 шт.                  |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.04.02 Ядерная физика и технологии, профиль / специализация «Ядерные реакторы и энергетические установки» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

| Должность   | ФИО         |
|-------------|-------------|
| Доцент ОЯТЦ | Чертков Ю.Б |

Программа одобрена на заседании выпускающего Отделения ядерно-топливного цикла ИЯТШ (протокол от «25» 06 2020г. №28-д).

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



Горюнов А.Г.

подпись