

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

С.Т. Князев  
\_\_\_\_\_ 2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

**Код модуля**  
1156172

**Модуль**  
Контроль и управление ядерными энергетическими  
установками

Екатеринбург, 2020

| <b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>   | <b>Учетные данные</b>                                  |
|---|--|
| <b>Образовательная программа</b><br>Проектирование и эксплуатация атомных станций           | <b>Код ОП</b><br>14.05.02/33.01                        |
| <b>Направление подготовки</b><br>Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг | <b>Код направления и уровня подготовки</b><br>14.05.02 |

Программа модуля составлена авторами:

| <b>№ п/п</b> | <b>Фамилия Имя<br/>Отчество</b> | <b>Ученая<br/>степень, ученое<br/>звание</b> | <b>Должность</b>         | <b>Подразделение</b>   |
|--------------|---------------------------------|--|--------------------------|--|
| 1            | Акифьева Наталья<br>Николаевна  | –  | Старший<br>преподаватель | Кафедра атомных<br>станций и<br>возобновляемых<br>источников энергии |

**Согласовано:**

Управление образовательных программ



Р. Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ *Контроль и управление ядерными энергетическими установками*

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Контроль и управление ядерными энергетическими установками» состоит из дисциплин «Кинетика ядерных реакторов» и «Автоматизированные системы управления атомных станций».

Дисциплина «Кинетика ядерных реакторов» изучает основные динамические характеристики, определяющие состояние реактора, точечная модель кинетики с учетом запаздывающих нейтронов, температурные обратные связи в ядерных реакторах, изменение изотопного состава активной зоны ядерного реактора в процессе работы, баланс реактивности и функции органов регулирования СУЗ. Дисциплина формирует представление о традиционных методах анализа переходных процессов в ядерных установках: как теоретических основах методов, так и правил их практического применения, а также способность применять эти методы для решения профессиональных задач.

Дисциплина «Автоматизированные системы управления атомных электростанций» изучает принципы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), особенности построения АСУ ТП для атомных электростанций, структуру и функций АСУ ТП. Особое внимание уделяется теоретическим основам построения автоматических систем регулирования (АСР) в составе АСУ ТП. Изучается структурно-функциональная схема автоматизированных систем управления технологическим процессом на атомных станциях, система управления и защиты реактора, системы автоматического регулирования энергоблока.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

| № п/п            | Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения | Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах |
|------------------|--|---|
| 1.               | Автоматизированные системы управления атомных станций      | 5   |
| 2.               | Кинетика ядерных реакторов                                 | 4   |
| ИТОГО по модулю: |  | 9   |

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

|  |  |
|--|--|
| <b>Пререквизиты модуля</b>                 | <i>Физика и конструкции ядерных реакторов<br/>Электротехника и электроника<br/>Математическое моделирование физических процессов<br/>Дополнительные вопросы энергетики</i> |
| <b>Постреквизиты и корреквизиты модуля</b> | <i>Атомные станции</i>   |

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

| Перечень дисциплин модуля                             | Код и наименование компетенции  | Планируемые результаты обучения (индикаторы)  |
|---|---|---|
| 1   | 2   | 3   |
| Автоматизированные системы управления атомных станций | ОПК-3 - Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов | З-2 - Характеризовать возможности исследовательской аппаратуры и методов исследования, используя технические характеристики и области применения<br>У-2 - Обоснованно выбрать необходимую аппаратуру и метод исследования для решения инженерных задач, относящихся к профессиональной деятельности   |
|   | ОПК-4 - Способен разрабатывать технические объекты, системы и технологические процессы в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений  | З-1 - Объяснить основные принципы функционирования разрабатываемых технических объектов, систем, технологических процессов<br>У-1 - Предложить нестандартные варианты разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов<br>У-4 - Провести всесторонний анализ принятых инженерных решений для выполнения разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов  |
|   | ОПК-6 - Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта     | З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов<br>З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов<br>У-1 - Технически грамотно формулировать задания по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов с учетом имеющихся ограничений режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов<br>У-2 - Оценивать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов на основании визуального анализа и показаний контрольно-измерительной аппаратуры<br>У-3 - Обоснованно корректировать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов, добиваясь повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта<br>П-1 - Организовать в соответствии с |

|                            |  |  |
|----------------------------|--|--|
|                            |  | <p>разработанным утвержденным планом выполнение работ по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>П-2 - Предлагать и аргументированно доказывать целесообразность корректировок параметров эксплуатации оборудования и реализации технологических процессов для повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>Д-1 - Демонстрировать ответственное отношение к работе, организаторские способности</p>   |
|                            | <p>ПК-2 - Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в сфере ядерной энергетики и технологий</p>  | <p>З-12 - Характеризовать теоретические модели, используемые для описания динамики линейных объектов управления и элементов автоматических систем регулирования</p> <p>У-9 - Определять оптимальные методы математического анализа и моделирования для решения поставленных задач</p> <p>У-11 - Выбирать стандартные пакеты автоматизированного проектирования и научных исследований для решения задач в области профессиональной деятельности</p> <p>П-7 - Иметь практический опыт решения базовых задач анализа автоматизированных систем регулирования</p>   |
|                            | <p>ПК-6 - Способен в составе рабочей группы организовывать безопасную и экономичную эксплуатацию реакторной установки или оборудования и технологических систем блока атомной электростанции, в том числе проводить нейтронно-физические, теплогидравлические расчеты, анализировать технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты АС</p> | <p>З-9 - Описывать функции, оборудование и особенности работы систем автоматического управления технологическими процессами атомных станций</p> <p>У-9 - Проводить физические, теплофизические, и теплогидравлические расчеты и измерения для обоснования и контроля режимов эксплуатации ядерных энергоблоков</p> <p>У-12 - Анализировать алгоритмы контроля, диагностики, управления и защиты атомных станций с точки зрения обеспечения эффективной и безопасной эксплуатации</p> <p>Д-1 - Демонстрировать готовность соблюдать принципы культуры безопасности при эксплуатации систем и оборудования атомных станций</p> |
| Кинетика ядерных реакторов | <p>ПК-2 - Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального</p>   | <p>З-6 - Описывать нестационарные процессы, происходящие в ядерном реакторе</p> <p>У-4 - Соотносить процессы, происходящие в оборудовании объектов использования атомной энергии, с теоретическими представлениями физики ядерных реакторов</p> <p>У-8 - Выбирать справочные данные для решения задач, в том числе в цифровой среде</p> <p>У-10 - Выбирать методы теоретического и экспериментального исследования с учетом специфики поставленной задачи</p>  |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | исследования в сфере ядерной энергетики и технологий  |  |
|  | ПК-3 - Способен в составе рабочей группы проводить испытания основного и вспомогательного оборудования атомных станций и ядерных энергетических установок в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации, проводить физические эксперименты на этапах физического и энергетического пуска энергоблока с целью определения нейтронно-физических параметров реакторной установки и АС в целом | З-5 - Изложить теоретические основы расчетно-экспериментальных методов, используемых для оценки эффективности органов системы управления и защиты реакторных установок<br>У-3 - Определять оптимальные методы проведения нейтронно-физических измерений<br>У-4 - Обосновать выбор оборудования для определения нейтронно-физических параметров   |
|  | ПК-6 - Способен в составе рабочей группы организовывать безопасную и экономичную эксплуатацию реакторной установки или оборудования и технологических систем блока атомной электростанции, в том числе проводить нейтронно-физические, теплогидравлические расчеты, анализировать технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты АС   | З-10 - Описывать структуру, функции системы управления и защиты реакторной установки, способы градуировки стержней СУЗ<br>З-14 - Описывать порядок и особенности проведения операций пуска, останова, подъема и снижения мощности ядерного реактора, изменения режимов его работы<br>У-9 - Проводить физические, теплофизические, и теплогидравлические расчеты и измерения для обоснования и контроля режимов эксплуатации ядерных энергоблоков<br>У-11 - Решать базовые задачи анализа динамики реакторных установок различных типов<br>П-6 - Подготовить в соответствии с требованиями отчет по результатам расчетов нейтронно-физических теплогидравлических характеристик активной зоны, в том числе графическую документацию<br>Д-1 - Демонстрировать готовность соблюдать принципы культуры безопасности при эксплуатации систем и оборудования атомных станций |

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в форме:

Очная.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Автоматизированные системы**  
**управления атомных станций**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| <b>№ п/п</b> | <b>Фамилия Имя<br/>Отчество</b> | <b>Ученая<br/>степень, ученое<br/>звание</b> | <b>Должность</b>         | <b>Подразделение</b>   |
|--------------|---------------------------------|--|--------------------------|--|
| 1            | Акифьева Наталья<br>Николаевна  | –  | Старший<br>преподаватель | Кафедра атомных<br>станций и<br>возобновляемых<br>источников энергии |

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

Авторы:

- Акифьева Наталья Николаевна, старший преподаватель, кафедра атомных станций и возобновляемых источников энергии

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология;
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины*                              | Содержание  |
|-------------------|---|---|
| P1                | Структура и функции АСУ ТП АЭС                        | Аппаратная структура АСУ ТП АЭС. Устройства полевого уровня. Уровень программируемых логических контроллеров (ПЛК). Верхний уровень АСУ ТП АЭС (SCADA уровень). Автоматизированные рабочие места. Понятие программно-технического комплекса АСУ ТП АЭС. Функциональные подсистемы АСУ ТП АЭС. Система управления и защиты реакторной установки (СУЗ РУ) и ее связь с общетехнологической АСУ ТП АЭС.  |
| P2                | Основные понятия теории автоматического регулирования | Принципиальная схема автоматической системы регулирования. Понятие переходного процесса. Классификация АСР. Математические модели АСР. Линейные дифференциальные уравнения. Модели динамики линейных объектов.  |
| P3                | Передаточная функция линейной АСР.                    | Операционное преобразование Лапласа. Предельная теорема. Теорема запаздывания. Таблица преобразования Лапласа. Формы представления изображений. Понятие передаточной функции линейной «точечной» непрерывной АСР и ее отдельного звена. Нули и полюса передаточной функции. Импульсная передаточная функция дискретной АСР.   |
| P4                | Элементарные динамические звенья.                     | Элементарные звенья линейной АСР. Их передаточные функции. Отклик звеньев на ступенчатое возмущение на входе. Отклик звеньев на осциллирующее возмущение. Исследование звена реальной АСР на принадлежность типу. Структурный анализ линейных АСР. Декомпозиция линейной АСР на элементарные звенья. Описание динамики линейной АСР системой ОЛДУ. Передаточные функции простейших структур. Вывод передаточной функции АСР. Характеристическое уравнение линейной АСР. Степени свободы АСР. Физический смысл модели АСР с двумя и более степенями свободы. Передаточные функции простейших структур. Последовательное и параллельное соединение звеньев. Звено, охваченное обратной связью. Структурные преобразования схем сложных АСР. |

|           |  |  |
|-----------|--|--|
| <b>P5</b> | Частотные характеристики линейных АСР.     | Переходный процесс при подаче на вход линейного звена или линейной АСР частотного возмущения. Частотные характеристики. Амплитудно-фазовая характеристика (АФХ), амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и фазо-частотная характеристика (ФЧХ). Логарифмическая АЧХ (ЛАЧХ). Логарифмическая единица «децибел». Построение АФХ, АЧХ и ФЧХ для усилительного, интегрирующего, апериодического, дифференцирующего и запаздывающего звеньев. Построение АФХ, АЧХ и ФЧХ для колебательного звена n-го порядка при $n > 1$ . Собственная частота колебательного звена. Резонанс. |
| <b>P6</b> | Устойчивость линейных АСР.                 | Понятие устойчивости линейных АСР. Устойчивость и корни характеристического уравнения. Необходимое и достаточное условие устойчивости линейной АСР. Анализ устойчивости по положению полюсов передаточной функции на комплексной плоскости. Признак устойчивости линейной АСР. Критерий устойчивости Раussa. Критерий устойчивости Михайлова. Критерий устойчивости Найквиста.   |
| <b>P7</b> | Статизм и астатизм линейных звеньев и АСР. | Понятие статизма и астатизма звена линейной АСР. Порядок астатизма линейной АСР в разомкнутом состоянии. Статизм-астатизм элементарных звеньев. Статизм и астатизм замкнутых АСР. Обеспечение астатизма при регулировании по управляющему воздействию и при регулировании по возмущению.   |
| <b>P8</b> | Параметрический синтез линейных АСР        | Показатели качества переходного процесса. Колебательность или апериодичность. Постоянная времени. Метод оценки степени устойчивости и степени колебательности по распределению корней характеристического уравнения. Статизм-астатизм. Параметрический синтез. П, ПИ и ПИД-регулятор. Подбор типового закона регулирования для линейной АСР, исходя из особенностей объекта и требований к качеству переходного процесса.  |

### 1.3. Программа дисциплины реализуется:

на государственном языке Российской Федерации (русский).

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Электронные ресурсы (издания)

1. Глазырин, М. В. Автоматизированные системы управления тепловыми электростанциями : учебное пособие. I. Основы функционирования АСУ ТП ТЭС / М.В. Глазырин .— Новосибирск : НГТУ, 2011 .— 42 с. — ISBN 978-5-7782-1704-1 .— [URL:http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228766](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228766) .

### Печатные издания

1. Родионов, Валерий Дмитриевич. Технические средства АСУ ТП : Учеб. пособие для вузов / В.Д. Родионов, В.А. Терехов, В.Б. Яковлева; Под ред. В.Б. Яковлева .— М. : Высш. шк., 1989 .— 263 с. : ил. ; 22 см .— Библиогр.: с. 258-259 (41 назв.). - Предм. указ.: с. 260-261. — допущено в качестве учебного пособия .— 1.00. — 85 экз.
2. Автоматизация типовых технологических процессов и установок : Учебник для вузов / А. М. Корытин, Н. К. Петров, С. Н. Радимов и др. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат, 1988 .— 432 с. — допущено в качестве учебника .— 1.30. — 27 экз..
3. Вальков, Виталий Михайлович. Автоматизированные системы управления

технологиче-скими процессами / В. М. Вальков, В. Е. Вершин .— 3-е изд., перераб. и доп. — Л. : Политехника, 1991 .— 269 с. — без грифа .— 5.28. – 20 экз.

### Профессиональные базы данных, информационно-справочные

1. Научная электронная библиотека eLibrary
2. Реферативная БД Scopus

### Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

#### 1. ТЕХЭКСПЕРТ

Открытый фонд НТД (ГОСТ, СНИПов, СанПиНов, ВСН, РД, РДС, СП, ГЭСН, ФЕР, ТЕР, ГН, правовые акты). URL: <http://www.cntd.ru/>.

#### 2. РОССТАНДАРТ (тексты новых стандартов)

URL: <http://protect.gost.ru/default.aspx>; <http://libgost.ru/>.

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

| № п/п | Виды занятий         | Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы  | Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа   |
|-------|----------------------|--|--|
| 1     | Лекции               | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br>Рабочее место преподавателя, оснащённое персональным компьютером<br>Доска аудиторная<br>Периферийное устройство | Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit<br>RUS OLP NL Acdmc<br><br>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG<br>SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 2     | Практические занятия | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br>Рабочее место преподавателя<br>Доска аудиторная   | Не требуется   |
| 3     | Лабораторные занятия | Специализированные лабораторные стенды кафедры АСиВИЭ.   | Не требуется   |
| 4     | Консультации         | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br>Рабочее место преподавателя<br>Доска аудиторная   | Не требуется   |
| 5     | Текущий контроль и   | Мебель аудиторная с  | Не требуется   |

|  |                             |  |  |
|--|-----------------------------|--|--|
|  | промежуточная<br>аттестация | количеством рабочих мест в<br>соответствии с количеством<br>студентов<br>Рабочее место преподавателя<br>Доска аудиторная |  |
|--|-----------------------------|--|--|

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Кинетика ядерных реакторов**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

| <b>№ п/п</b> | <b>Фамилия Имя<br/>Отчество</b> | <b>Ученая<br/>степень, ученое<br/>звание</b> | <b>Должность</b>         | <b>Подразделение</b>   |
|--------------|---------------------------------|--|--------------------------|--|
| 1            | Акифьева Наталья<br>Николаевна  | –  | Старший<br>преподаватель | Кафедра атомных<br>станций и<br>возобновляемых<br>источников энергии |

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

Авторы:

- Акифьева Наталья Николаевна, старший преподаватель, кафедра атомных станций и возобновляемых источников энергии

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология;
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

| Код раздела, темы | Раздел, тема дисциплины*  | Содержание   |
|-------------------|---|--|
| P1                | Основные динамические характеристики, определяющие состояние реактора | Основные характеристики самоподдерживающейся реакции деления. Коэффициент размножения нейтронов. Реактивность. Изменение баланса нейтронов в ядерном реакторе, вследствие изменения состава и конфигурации активной зоны и (или) отражателя. Уравнение кинетики без учета запаздывающих нейтронов. Период реактора. Неуправляемость реактора в состоянии критичности на мгновенных нейтронах. Запаздывающие нейтроны. Характеристики шести групп запаздывающих нейтронов при делении основных топливных нуклидов тепловыми и быстрыми нейтронами. Средние значения эффективной доли запаздывающих нейтронов для реакторов различных типов.   |
| P2                | Точечная модель кинетики с учетом запаздывающих нейтронов.            | Односкоростное нестационарное уравнение диффузии. Источник на мгновенных нейтронах и источник на запаздывающих нейтронах в односкоростном нестационарном уравнении диффузии. Точечное приближение. Получение выраженного через реактивность точечного уравнения кинетики с учетом запаздывающих нейтронов. Применимость модели к реакторам различных типов. Точечная модель кинетики при вводе постоянной реактивности - система обыкновенных линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Качественное представление решения уравнения обратных часов для шести групп запаздывающих нейтронов. Асимптотический период. Переходный процесс при положительном и отрицательном скачке реактивности. |
| P3                | Температурные обратные связи в ядерных реакторах                      | Температурные обратные связи в гомогенном, гетерогенном тепловом и быстром реакторе. «Водородный» эффект реактивности в быстрых реакторах. Коэффициенты и интегральные эффекты реактивности при изменении температуры компонентов активной зоны. Мгновенные и запаздывающие эффекты. Оперативное понятие мощностного и температурного коэффициента и эффекта реактивности. Передаточная функция реактора с температурными обратными связями. Необходимое и достаточное условие устойчивости реактора с температурными обратными связями.   |
| P4                | Изменение изотопного состава активной зоны                            | Общая модель, описывающая изменение во времени концентрации любого нуклида активной зоны. Классификация нуклидов по взаимодействию с нейтронами.   |

|           |   |   |
|-----------|---|---|
|           | ядерного реактора                                       | Выгорание и воспроизводство ядерного горючего. Дифференциальные уравнения, описывающие изменение концентрации топливных нуклидов во времени для тепловых и быстрых реакторов. Глубина выгорания.<br>Шлакование и отравление ядерного реактора. Дифференциальные уравнения, описывающие изменение концентрации шлаков во времени для тепловых реакторов. Аппроксимация сечения поглощения нейтронов шлаками для уранового топлива в зависимости от глубины выгорания. Коэффициент шлакования реактора. Практическая оценка шлакования реактора в различные моменты кампании. Отравление реактора ксеноном. Переходный процесс изменения реактивности, вызванного изменением концентрации ксенона и йода при переходах мощности. Нестационарное и стационарное отравление. Отравление самарием. Модель отравления самарием. |
| <b>P5</b> | Баланс реактивности и функции органов регулирования СУЗ | Оперативный и неоперативный баланс реактивности. Компенсация «быстрых» и «медленных» эффектов реактивности. Функции ОР СУЗ: автоматическое регулирование (АР); компенсация и перекомпенсация (КР); аварийная защита (АЗ). Взвешивание и градуировка ОР СУЗ. Оценка необходимой эффективности ОР СУЗ, выполняющих функции АР, КР и АЗ. Нейтронно-физические характеристики (НФХ) ОР СУЗ. Метод перекомпенсации. Использование «реактиметра» для получения НФХ ОР. Жидкостное регулирование. Выгорающие поглотители. Требования ПБЯ к эффективности ОР СУЗ, выполняющих различные функции. Способы регулирования реакторов различных типов.   |

#### 1.4. Программа дисциплины реализуется:

на государственном языке Российской Федерации (русский).

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Электронные ресурсы (издания)

Отсутствуют.

### Печатные издания

1. Мухин, Константин Никифорович. Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.]. Т. 1. Физика атомного ядра / К. Н. Мухин .— Изд. 7-е, стер. — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2009 .— 384 с. : ил. ; 21 см .— (Классическая учебная литература по физике) (Учебники для вузов, Специальная литература) .— Алф.-предм. указ.: с. 366-369. — Тираж 1500 экз. — Библиогр.: с. 371 (19 назв.). — ISBN 978-5-8114-0739-2. — 25 экз.
2. Мухин, Константин Никифорович. Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.]. Т. 2. Физика ядерных реакций / К. Н. Мухин .— Изд. 7-е, стер. — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2009 .— 336 с. : ил. ; 21 см .— (Классическая учебная литература по физике) (Учебники для вузов, Специальная литература) .— Парал. тит. л. англ. - Алф.-предм. указ.: с. 304-306. — Тираж 1500 экз. — Библиогр.: с. 302-303, библиогр. в примеч. — без грифа .— ISBN 978-5-8114-0740-8. — 25 экз.
3. Мухин, Константин Никифорович. Экспериментальная ядерная физика : учебник : [в 3 т.]. Т. 3. Физика элементарных частиц / К. Н. Мухин .— Изд. 6-е, испр. и доп. — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2008 .— 432 с. : ил. ; 21 см .— (Классическая учебная литература по физике) (Учебники для вузов, Специальная литература) .— Алф.-предм. указ.: с. 396-400. — Библиогр.: с. 394-395. — без грифа .— ISBN 978-5-8114-0741-5. — 22 экз. + 38 разных лет
4. Радченко, Валерий Иванович. Ядерная физика : учебное пособие. Ч. 1 / В. И. Радченко, О. В. Рябухин ; науч. ред. В. Л. Петров ; Урал. гос. техн. ун-т - УПИ .— Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2007 .— 106 с. : ил. ; 21 см .— Библиогр.: с. 105 (6 назв.). — без

грифа .— ISBN 978-5-321-01055-6. – 49 экз.

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные**

1. Научная электронная библиотека eLibrary
2. Реферативная БД Scopus

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

Отсутствуют.

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

| <b>№ п/п</b> | <b>Виды занятий</b>                         | <b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>   | <b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>                                  |
|--------------|---|--|--|
| 1            | Лекции                                      | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br>Рабочее место преподавателя, оснащённое персональным компьютером<br>Доска аудиторная<br>Периферийное устройство | Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit<br>RUS OLP NL Acdmc<br><br>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG<br>SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES |
| 2            | Практические занятия                        | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br>Рабочее место преподавателя<br>Доска аудиторная   | Не требуется   |
| 3            | Консультации                                | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br>Рабочее место преподавателя<br>Доска аудиторная   | Не требуется   |
| 4            | Текущий контроль и промежуточная аттестация | Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов<br>Рабочее место преподавателя<br>Доска аудиторная   | Не требуется   |

