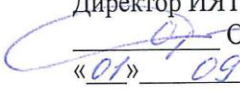


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

 О.Ю. Долматов

«01» 09 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПРИЕМ 2020 г.**

**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЯДЕРНЫМИ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ**

|                                                                                                                              |                                                                                 |                        |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|
| Направление подготовки/<br>специальность                                                                                     | <b>14.05.04 Электроника и автоматика физических установок</b>                   |                        |            |
| Образовательная программа<br>(направленность (профиль))                                                                      | <b>Системы управления технологическими процессами и физическими установками</b> |                        |            |
| Специализация                                                                                                                | Системы управления технологическими процессами и физическими установками        |                        |            |
| Уровень образования                                                                                                          | высшее образование - специалитет                                                |                        |            |
| Курс                                                                                                                         | <b>4,5</b>                                                                      | семестр                | <b>8,9</b> |
| Трудоемкость в кредитах<br>(зачетных единицах)                                                                               | <b>6</b>                                                                        |                        |            |
| Виды учебной деятельности                                                                                                    | Временной ресурс                                                                |                        |            |
| Контактная (аудиторная)<br>работа, ч                                                                                         | Лекции                                                                          | <b>40</b>              |            |
|                                                                                                                              | Практические занятия                                                            | <b>-</b>               |            |
|                                                                                                                              | Лабораторные занятия                                                            | <b>16</b>              |            |
|                                                                                                                              | ВСЕГО                                                                           | <b>56</b>              |            |
| Самостоятельная работа, ч                                                                                                    |                                                                                 | <b>160</b>             |            |
| в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с<br>выделенной промежуточной аттестацией (курсовой<br>проект, курсовая работа) |                                                                                 | <b>Курсовой проект</b> |            |
| ИТОГО, ч                                                                                                                     |                                                                                 | <b>216</b>             |            |

Вид промежуточной  
аттестации

|                                                      |                                 |             |
|------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------|
| <b>Экзамен (8),<br/>зачет (9),<br/>диф.зачет (9)</b> | Обеспечивающее<br>подразделение | <b>ОЯТЦ</b> |
|------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------|

Заведующий кафедрой -  
руководитель отделения на  
правах кафедры  
Руководитель ООП  
Преподаватели

|                                                                                      |                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|  | А.Г. Горюнов     |
|  | А.Г. Горюнов     |
|  | Т.Х. Бадретдинов |
|  | К.А. Козин       |

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                                                                                                                                                                                                               | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций) |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                                                                                                        | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ДПСК(У)-3       | Способен применять знания о технологических процессах и аппаратах ядерного топливного цикла, знания о процессах в ядерных реакторах для разработки их математического описания с целью проведения исследований и проектирования АСУ ТП | ДПСК(У)-3.В3                                                | Владеет методами математического моделирования систем управления и защиты ядерных энергетических установок                                                                                                                                                   |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                        | ДПСК(У)-3.У3                                                | Умеет разрабатывать математическое обеспечение автоматизированных систем управления ядерными энергетическими установками                                                                                                                                     |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                        | ДПСК(У)-3.33                                                | Знает математическое описание энергетических установок как технологических объектов управления и технологических процессов                                                                                                                                   |
| ПК(У)-3         | Способен выполнять полный объем работ, связанных с техническим обслуживанием автоматизированных систем управления физическими установками с учетом требований руководящих и нормативных документов                                     | ПК(У)-3.В3                                                  | Владеет существующими методиками настройки, наладки, испытаний приборов контроля и управления АСУ ТП ядерных энергетических установок                                                                                                                        |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                        | ПК(У)-3.У3                                                  | Умеет выбирать приборы контроля и управления в соответствии с техническим заданием на проектирование АСУ ТП ядерных энергетических установок                                                                                                                 |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                        | ПК(У)-3.33                                                  | Знает основы функционирования приборов контроля и управления АСУ ТП ядерных энергетических установок                                                                                                                                                         |
| ПК(У)-19        | Способен использовать информационные технологии при разработке новых установок, устройств, способен к сбору и анализу информации для выбора и обоснования вариантов научно-технических и организационных решений                       | ПК(У)-19.В9                                                 | Владеет основными методиками оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач с учетом неопределенностей объекта управления при проектировании, наладке, настройке, испытаниях и эксплуатации АСУ ТП ядерных энергетических установок |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                        | ПК(У)-19.У9                                                 | Умеет выполнять расчет, концептуальную и проектную проработку программно-технических средств АСУ ТП и АСНИ                                                                                                                                                   |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                        | ПК(У)-19.39                                                 | Знает основы функционирования программно-технических средств АСУ ТП и АСНИ                                                                                                                                                                                   |

## 2. Место дисциплины 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 |                                                                                                                                                                                                                                                                | Компетенция |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Код                                           | Наименование                                                                                                                                                                                                                                                   |             |
| РД-1                                          | Владеет методами математического описания, средствами разработки математического обеспечения и моделирования систем управления и защиты АСУ ТП ядерных энергетических установок                                                                                | ДПСК(У)-3   |
| РД-2                                          | Выполнять работы, связанные с техническим обслуживанием физических установок, существующими методиками настройки, наладки, испытаний приборов контроля и управления АСУ ТП ядерных энергетических установок                                                    | ПК(У)-3     |
| РД -3                                         | Использовать основные методики оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач с учетом неопределенностей объекта управления при проектировании, наладке, настройке, испытаниях и эксплуатации АСУ ТП ядерных энергетических установок | ПК(У)-19    |

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

### 4. Структура и содержание дисциплины

#### Основные виды учебной деятельности

| Основные виды учебной деятельности                                                                              |                                              |                           |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Разделы дисциплины                                                                                              | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
| Раздел (модуль) 1. Введение и общие положения                                                                   | РД-1                                         | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                                 |                                              | Практические занятия      |                   |
|                                                                                                                 |                                              | Лабораторные занятия      |                   |
|                                                                                                                 |                                              | Самостоятельная работа    | 6                 |
| Раздел (модуль) 2. Математические модели ЯР в точечном приближении                                              | РД-1<br>РД-3                                 | Лекции                    | 12                |
|                                                                                                                 |                                              | Практические занятия      |                   |
|                                                                                                                 |                                              | Лабораторные занятия      |                   |
|                                                                                                                 |                                              | Самостоятельная работа    | 26                |
| Раздел (модуль) 3. Системы автоматического управления ядерного реактора                                         | РД-2<br>РД-3                                 | Лекции                    | 16                |
|                                                                                                                 |                                              | Практические занятия      |                   |
|                                                                                                                 |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                                                                 |                                              | Самостоятельная работа    | 34                |
| Раздел (модуль) 4. Системы автоматизированного управления технологическими процессами ядерного топливного цикла | РД-2<br>РД-3                                 | Лекции                    | 10                |
|                                                                                                                 |                                              | Практические занятия      |                   |
|                                                                                                                 |                                              | Лабораторные занятия      | 12                |
|                                                                                                                 |                                              | Самостоятельная работа    | 22                |
| Семестр 9                                                                                                       |                                              |                           |                   |
| Курсовой проект                                                                                                 | РД-1, РД-3                                   | Самостоятельная работа    | 72                |

Содержание разделов дисциплины:

#### **Раздел 1. Введение и общие положения – 2 часа.**

Рассматривается современное состояние ядерной энергетики, методы, средства, виды топливных циклов, простейшие модели ядерных установок.

**Темы лекций:**

1. Особенности управления различными типами ядерных реакторов. Простейшие

**Раздел 2. Математические модели ЯР в точечном приближении – 12 часов**

Определяются кинетические процессы ядерного реактора. Раскрываются внутренние обратные связи ядерного реактора, способы управления процессами в активной зоне ядерного реактора. Выводится передаточная функция ядерного реактора.

**Темы лекций:**

1. Внутренние контуры обратных связей по температуре и отравлению.
2. Особенности регулирующих стержней управления
3. Характеристики регулирующих стержней управления
4. Кинетика реактора.
5. Передаточная функция реактора
6. Кинетика реактора на быстрых нейтронах

**Раздел 3. Системы автоматического управления ядерного реактора – 16 часов.**

Изучаются виды систем регулирования ядерных реакторов, проводится их анализ. Рассматриваются системы управления ядерным реактором в различных режимах его функционирования

**Темы лекций:**

1. Линейная и релейная системы регулирования мощности реактора
2. Релейно-импульсная систем регулирования мощности реактора
3. Анализ систем управления.
4. Системы управления пуском
5. Системы аварийной защиты.
6. Система аварийной защиты реактора РБМК
7. Система аварийной защиты реактора ВВЭР
8. Особенности системы управления и защиты ядерного реактора на быстрых нейтронах.

**Названия лабораторных работ:**

1. Меры безопасности при работе в помещениях реактора. Сдача экзамена по технике безопасности (4 часа).

**Раздел 4. Системы автоматизированного управления технологическими процессами ядерного топливного цикла – 10 часов.**

Рассматриваются современные АСУ ТП ЯТЦ..

**Темы лекций:**

1. Общие принципы построения АСУ ТП ЯТЦ
2. Особенности применения программно-технических средств в АСУ ТП ЯТЦ.
3. Типовые структуры АСУ ТП ЯТЦ
4. Синтез САУ типовыми объектами управления производств ЯТЦ (4 часа)

**Названия лабораторных работ:**

- 1 Изучение общей технологической схемы реактора (6 часов).
2. Изучение схемы системы управления и защиты. Пуск реактора. (6 часов).

**Тематика курсовых проектов (теоретический раздел)**

- 1 Разработка релейно-импульсной системы автоматического регулирования мощности ядерной энергетической установки.
- 2 Разработка цифровой системы автоматического регулирования мощности ядерной

- энергетической установки.
- 3 Разработка релейной системы автоматического регулирования мощности ядерной энергетической установки.

## **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;
- Подготовка к лабораторным работам;
- Выполнение курсового проекта;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям

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

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

#### **Основная литература:**

1. Кириллов П. Л. Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы) / П. Л. Кириллов, Ю. С. Юрьев, В. П. Бобков. — Екатеринбург : АТП, 2015. — 294 с.: ил. — Текст : непосредственный.
2. Воробьев, Александр Владимирович. Парогенераторы АЭС : электронный курс / А. В. Воробьев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Энергетический институт (ЭНИН), Кафедра атомных и тепловых электростанций (АТЭС). — Электрон. дан. — Томск : TPU Moodle, 2014. — URL: <http://design.lms.tpu.ru/enrol/index.php?id=402> (дата обращения: 18.03.2020) — Режим доступа: доступ по логину и паролю. - Текст : электронный.
3. Карначук В. И. Системы автоматического выравнивания нейтронного потока в ядерных реакторах : учебное пособие / В. И. Карначук; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск : Изд-во ТПУ, 2009. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m144.pdf> (дата обращения: 18.03.2020) — Режим доступа: доступ из корпоративной сети ТПУ. - Текст : электронный.

#### **Дополнительная литература**

1. Карначук В. И. Системы автоматического управления и защиты реактора ВВЭР-1000 : учебное пособие / В. И. Карначук, А. Г. Горюнов; ТПУ. — Томск : Изд-во ТПУ, 2004. — 91 с.: ил. — Текст : непосредственный.
2. Кафаров, В. В. Математическое моделирование основных процессов химических производств : учебное пособие для академического бакалавриата / В. В. Кафаров, М. Б. Глебов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 403 с. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/441786> (дата обращения: 18.03.2020).
3. Бойко В. И. Ядерный топливный цикл и режим нераспространения : учебное пособие для вузов / В. И. Бойко, Д. Г. Демянук, Д. С. Исаченко; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m161.pdf> (дата обращения: 18.03.2020) — Режим доступа: доступ из корпоративной сети ТПУ. - Текст : электронный.

### **6.2. Информационное обеспечение**

Internet-ресурсы (в т.ч. в средеLMSMOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
2. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>

3. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>
4. Электронно-библиотечная система «Консультант студента»  
<http://www.studentlibrary.ru/>
5. <http://www.google.com/patents>
6. <http://scholar.google.com/>
7. <http://www.ribk.net/>

**Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы** доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>.

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

1. Zoom Zoom;
2. 7-Zip;
3. Adobe Acrobat Reader DC;
4. Adobe Flash Player;
5. Amazon Corretto JRE 8;
6. Cisco Webex Meetings;
7. Google Chrome;
8. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
9. Notepad++;
10. WinDjView
11. Far Manager.

## 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.<br>634028 Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 228                                   | Доска аудиторная настенная - 2 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 102 посадочных мест;<br>Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.; Телевизор - 2 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, 335                                   | Экран Projecta Compact Electrol 153*200 - 1 шт.;<br>Стереофонический усилитель мощности Kramer 903 – 1 шт.<br>Доска аудиторная настенная - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 18 посадочных мест;<br>Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.                                                                                                                                                                        |
| 3. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)<br>634067, Томская область, г. Томск, Кузовлевский тракт, 48, строен. 2, ИРТ | Промышленный компьютер Группа К - 3 шт.;<br>Анализатор вольтамперометрический ТА-Lab - 1 шт.;<br>Калибратор активности радионуклидов на базе дозкалибратора ATOMLAB 500+ - 1 шт.;<br>Цифровой комплекс позитронной спектроскопии - 1 шт.;<br>Универсальный сканирующий спектрофотометр СПЕКС ССП 715-1 - 1 шт.;<br>Рентгеновский дифрактометр XRD-7000S - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.05.04 «Электроника и автоматика физических установок», специализация «Системы управления технологическими процессами и физическими установками» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчики:

| Должность   |  | ФИО              |
|-------------|--|------------------|
| Доцент ОЯТЦ |  | Бадретдинов Т.Х. |
| Доцент ОЯТЦ |  | Козин К.А.       |

Программа одобрена на заседании выпускающего Отделения ядерно-топливного цикла ИЯТШ (протокол от «01» сентября 2020 г. №29-д).

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



подпись

А.Г. Горюнов

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| <b>Учебный год</b> | <b>Содержание /изменение</b> | <b>Обсуждено на заседании<br/>Отделения ядерно-<br/>топливного цикла<br/>(протокол)</b> |
|--------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|                    |                              |                                                                                         |
|                    |                              |                                                                                         |
|                    |                              |                                                                                         |
|                    |                              |                                                                                         |
|                    |                              |                                                                                         |