

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

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИШЭ

Матвеев А.С.  
«30» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2017 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

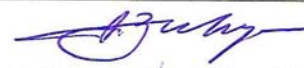
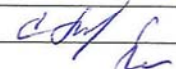
**Системы управления ядерными энергетическими установками и атомными  
электрическими станциями**

|                                                         |                                                                                                                            |         |    |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----|
| Направление подготовки/<br>специальность                | 14.05.02 Атомные станции: проектирование,<br>эксплуатация и инжиниринг                                                     |         |    |
| Образовательная программа<br>(направленность (профиль)) | Nuclear power plants: design, operation and<br>engineering / Атомные станции:<br>проектирование, эксплуатация и инжиниринг |         |    |
| Специализация                                           | Design and operation of nuclear power plants /<br>Проектирование и эксплуатация атомных<br>станций                         |         |    |
| Уровень образования                                     | высшее образование - специалитет                                                                                           |         |    |
| Курс                                                    | 5                                                                                                                          | семестр | 10 |
| Трудоемкость в кредитах (зачетных<br>единицах)          | 4                                                                                                                          |         |    |
| Виды учебной деятельности                               | Временной ресурс                                                                                                           |         |    |
| Контактная (аудиторная) работа, ч                       | Лекции                                                                                                                     |         | 48 |
|                                                         | Практические занятия                                                                                                       |         | 16 |
|                                                         | Лабораторные занятия                                                                                                       |         | 32 |
|                                                         | ВСЕГО                                                                                                                      |         | 96 |
| Самостоятельная работа, ч                               |                                                                                                                            | 48      |    |
| ИТОГО, ч                                                |                                                                                                                            | 144     |    |

Вид промежуточной аттестации

|               |                                 |                      |
|---------------|---------------------------------|----------------------|
| экзамен<br>10 | Обеспечивающее<br>подразделение | НОЦ<br>И.Н. Бутакова |
|---------------|---------------------------------|----------------------|

Заведующий кафедрой – руководитель  
НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры  
Руководитель ООП  
Преподаватель

|                                                                                      |                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|  | Заворин А.С.    |
|  | Лавриненко С.В. |
|  | Воробьев А.В.   |

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                                     | Результаты освоения ООП | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций) |                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                                              |                         | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                                                                                    |
| ПК(У)-4         | готовностью использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, готовить данные для составления обзоров, отчетов и научных публикаций | Р13                     | ПК(У)- 4.B1                                                 | Владеет опытом использования знаний принципов работы и устройства автоматических регуляторов, приборов контроля, измерительных каналов, систем контроля, управления, диагностики и защиты АС при проектировании |
|                 |                                                                                                                                                                              |                         | ПК(У)- 4.У1                                                 | Умеет применять знание принципов работы и устройства автоматических регуляторов, приборов контроля, измерительных каналов, систем контроля, управления, диагностики и защиты АС при их эксплуатации             |
|                 |                                                                                                                                                                              |                         | ПК(У)- 4.З1                                                 | Знает принципы работы и устройство автоматических регуляторов, приборов контроля, измерительных каналов, систем контроля, управления, диагностики и защиты АС                                                   |
| ПК(У)-19        | готовностью использовать средства автоматизированного управления, защиты и контроля технологических процессов                                                                | Р13                     | ПК(У)- 19.B1                                                | Владеет опытом анализа и совершенствования алгоритмов контроля, диагностики, управления и защиты АС с целью обеспечения ее эффективной и безопасной работы                                                      |
|                 |                                                                                                                                                                              |                         | ПК(У)- 19.У1                                                | Умеет анализировать алгоритмы контроля, диагностики, управления и защиты АС с точки зрения обеспечения ее эффективной и безопасной работы                                                                       |
|                 |                                                                                                                                                                              |                         | ПК(У)- 19.З1                                                | Знает алгоритмы контроля, диагностики, управления и защиты АС и требования к алгоритмам                                                                                                                         |

## 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 |                                                                                                                                        | Компетенция |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Код                                           | Наименование                                                                                                                           |             |
| РД-1                                          | Знать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, диагностики, управления и защиты                            | ПК(У)-4     |
| РД-2                                          | Знать современные методы проектирования систем управления АЭС                                                                          | ПК(У)-4     |
| РД-3                                          | Уметь составлять математические модели процессов и аппаратов преобразования ядерной энергии топлива в тепловую и электрическую энергию | ПК(У)-4     |
| РД-4                                          | Владеть навыками анализа нейтронно-физических, технологических процессов и алгоритмов контроля, диагностики, управления и защиты       | 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

| Разделы дисциплины                                                       | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Раздел 1. Исходные понятия теории управления и регулирования             | РД-1, РД-2, РД-3, РД-4                       | Лекции                    | 6                 |
|                                                                          |                                              | Практические занятия      | -                 |
|                                                                          |                                              | Лабораторные занятия      | -                 |
|                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | 6                 |
| Раздел 2. Автоматические системы регулирования (АСР)                     | РД-1, РД-2, РД-3, РД-4                       | Лекции                    | 6                 |
|                                                                          |                                              | Практические занятия      | 4                 |
|                                                                          |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | 6                 |
| Раздел 3. Требования к источникам информации. Цели управления            | РД-1, РД-2, РД-3, РД-4                       | Лекции                    | 6                 |
|                                                                          |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                          |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | 6                 |
| Раздел 4. Понятие АСУ, уровни иерархии АСУ                               | РД-1, РД-2, РД-3, РД-4                       | Лекции                    | 6                 |
|                                                                          |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                          |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | 6                 |
| Раздел 5. Типовые исполнительные механизмы                               | РД-1, РД-2, РД-3, РД-4                       | Лекции                    | 6                 |
|                                                                          |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                          |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | 6                 |
| Раздел 6. Схемы регулирования нагрузки и давления пара в парогенераторах | РД-1, РД-2, РД-3, РД-4                       | Лекции                    | 6                 |
|                                                                          |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                          |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | 6                 |
| Раздел 7. Регулирование в системах управления и защиты реакторов         | РД-1, РД-2, РД-3, РД-4                       | Лекции                    | 4                 |
|                                                                          |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                          |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | 4                 |
| Раздел 8. Микроконтроллерные средства при построении АСУТП АЭС           | РД-1, РД-2, РД-3, РД-4                       | Лекции                    | 4                 |
|                                                                          |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                          |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | 4                 |
| Раздел 9. Программы регулирования блоков ВВЭР                            | РД-1, РД-2, РД-3, РД-4                       | Лекции                    | 4                 |
|                                                                          |                                              | Практические занятия      | -                 |
|                                                                          |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                          |                                              | Самостоятельная работа    | 4                 |

Содержание разделов дисциплины:

#### **Раздел 1. Исходные понятия теории управления и регулирования**

Введение. Цели и задачи курса. Роль автоматизации в повышении эффективности производства. Исходные понятия теории управления и регулирования. Основные принципы регулирования. Математическое описание динамики объектов и систем.

**Темы лекций:**

1. Введение
2. Роль автоматизации в повышении эффективности производства.
3. Математическое описание динамики объектов и систем

#### **Раздел 2. Автоматические системы регулирования (АСР)**

Автоматические системы регулирования (АСР). Динамические характеристики

реактора (в линейном приближении). Техничко-экономические цели проектирования АСР и вспомогательные критерии. Особенности синтеза АСР. Схемы регулирования.

**Темы лекций:**

4. Автоматические системы регулирования (АСР)
5. Динамические характеристики реактора
6. Схемы регулирования

**Темы практических занятий:**

1. Чтение схем АСУ ТП
2. Алгоритмы СУЗ

**Названия лабораторных работ:**

1. Изучение динамических характеристик соединений элементарных звеньев
2. Разработка структурных схем систем автоматического регулирования.

|                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 3. Требования к источникам информации. Цели управления</b> |
|----------------------------------------------------------------------|

Требования к источникам информации и регулирующим воздействиям. Алгоритмы (законы) регулирования. Выбор параметров и особенности настройки АСР. Цели управления, их декомпозиция и принцип построения систем управления.

**Темы лекций:**

7. Требования к источникам информации
8. Алгоритмы (законы) регулирования
9. Выбор параметров и особенности настройки АСР

**Темы практических занятий:**

3. Законы регулирования

**Названия лабораторных работ:**

3. Изучение устойчивости, настройки и динамики замкнутых автоматических систем регулирования
4. Разработка функциональных схем систем автоматического регулирования.

|                                                   |
|---------------------------------------------------|
| <b>Раздел 4. Понятие АСУ, уровни иерархии АСУ</b> |
|---------------------------------------------------|

Понятие АСУ, уровни иерархии АСУ. Структура управляющих функций и подсистем АСУТП. Особенности задач автоматического регулирования, защиты и логического управления. Оптимизация алгоритмов и задач управления. Особенности технической структуры АСУ АЭС.

**Темы лекций:**

10. Понятие АСУ, уровни иерархии АСУ
11. Оптимизация алгоритмов и задач управления
12. Особенности технической структуры АСУ АЭС.

**Темы практических занятий:**

4. Регуляторы

**Названия лабораторных работ:**

5. Исследование автоматической системы регулирования температуры с электронным регулирующим прибором РП4-Т

## 6. Временные характеристики систем.

### **Раздел 5. Типовые исполнительные механизмы**

Типовые исполнительные механизмы. Функциональный состав средств управления для АСР. Принцип действия релейно-импульсного регулятора. Задачи регулирования ЯЭУ в стационарных режимах и режимах пуска (останова). Программы и схемы регулирования мощности ЯЭУ.

#### **Темы лекций:**

13. Типовые исполнительные механизмы
14. Функциональный состав средств управления для АСР.
15. Программы и схемы регулирования мощности ЯЭУ

#### **Темы практических занятий:**

5. Системы управления ядерным реактором

#### **Названия лабораторных работ:**

7. Автоматическая система регулирования с компактным регулирующим прибором РС29.3
8. Определение качества переходных процессов.

### **Раздел 6. Схемы регулирования нагрузки и давления пара в парогенераторах**

Программы постоянного давления и постоянной температуры. Схемы регулирования нагрузки и давления пара в парогенераторах. Особенности динамики и принципы построения АСР давления в компенсаторе объема и АСР уровня, в парогенераторах и в барабанах-сепараторах.

#### **Темы лекций:**

16. Программы постоянного давления и постоянной температуры
17. Схемы регулирования нагрузки и давления пара в парогенераторах.
18. Особенности динамики и принципы построения АСР давления

#### **Темы практических занятий:**

6. Методы преобразования энергии излучений в электрический сигнал

#### **Названия лабораторных работ:**

9. Автоматическая система регулирования с микропроцессорным регулирующим прибором ПРОТАР-100
10. Передаточные функции звеньев и систем

### **Раздел 7. Регулирование в системах управления и защиты реакторов**

Регулирование в системах управления и защиты реакторов. Устойчивость и саморегулирование реакторов. Особенности автоматического регулирования ЯЭУ на этапах пуска-останова блока. Схемы автоматического регулирования и логического управления пуском турбогенератора.

#### **Темы лекций:**

19. Регулирование в системах управления и защиты реакторов
20. Схемы автоматического регулирования и логического управления пуском турбогенератора.

#### **Темы практических занятий:**

7. Построение измерительных каналов при контроле энерговыделения

**Названия лабораторных работ:**

11. Регулятор с автоматизированной настройкой на приборе ПРОТАР
12. Параметрический синтез линейных систем регулирования методом РАФЧХ.

|                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 8. Микроконтроллерные средства при построении АСУТП АЭС</b> |
|-----------------------------------------------------------------------|

Микроконтроллерные средства при построении АСУТП энергоблоков АЭС. Назначение и преимущества средств ТПТС 51. Назначение и структура контроллера ТПТС 51. Структура АСУТП энергоблока АЭС на базе средств ТПТС 51.

**Темы лекций:**

21. Микроконтроллерные средства при построении АСУТП энергоблоков АЭС
22. Назначение и преимущества средств ТПТС 51.

**Темы практических занятий:**

8. Исполнительные механизмы систем автоматизации

**Названия лабораторных работ:**

13. Автоматическая система регулирования на аппаратуре АКЭСР
14. Технология создания АСУ ТП

|                                                      |
|------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 9. Программы регулирования блоков ВВЭР</b> |
|------------------------------------------------------|

Программы регулирования блоков ВВЭР. Преимущества и недостатки программ. Основные схемы регулирования блоков ВВЭР (базисный режим, режим статического регулирования частоты). Схемы регулирования блоков ВВЭР по компромиссным программам. Режим астатического регулирования частоты. Схема регулирования блока АЭС “Ловииза”. Схема всережимного регулирования

**Темы лекций:**

23. Программы регулирования блоков ВВЭР
24. Режим астатического регулирования частоты

**Названия лабораторных работ:**

15. Тренажерная работа - регулирование уровня в ПНД
16. Тренажерная работа – регулирование давления в деаэраторе

## **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;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

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

## 6.1. Учебно-методическое обеспечение

### Основная литература:

1. Зверков, В. В. Автоматизированная система управления технологическими процессами АЭС : монография / В. В. Зверков. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2014. — 560 с. — ISBN 978-5-7262-1918-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/103223> (дата обращения: 10.12.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Андык, В. С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами на ТЭС : учебник / В. С. Андык. — Томск : ТПУ, 2015. — 408 с. — ISBN 978-5-4387-0684-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107714> (дата обращения: 10.12.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### Дополнительная литература:

1. Баклушин, Р. П. Эксплуатационные режимы АЭС : учебное пособие / Баклушин Р. П. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2012. - 532 с. - ISBN 978-5-383-00641-2. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/MPEI177.html> (дата обращения: 11.12.2020). - Режим доступа : по подписке.

2. Клименко, А. В. Теплоэнергетика и теплотехника Кн. 3. Тепловые и атомные электростанции / Клименко А. В. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2007. (Справочная серия "Теплоэнергетика и теплотехника") - ISBN 978-5-383-01170-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011706.html> (дата обращения: 11.12.2020). - Режим доступа : по подписке.

3. Лебедев, Ю. М. Теория автоматического управления : учебное пособие / Ю. М. Лебедев, Б. И. Коновалов. — Москва : ТУСУР, 2010. — 162 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4947> (дата обращения: 10.12.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## 6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. электронное учебное пособие «Атомные электростанции», разработанное в среде e-LMS MOODLE. Режим доступа: <http://mdl.lcg.tpu.ru:82/course/view.php?id=142>

2. АО «Концерн Росэнергоатом» – <http://rosenergoatom.ru/>

3. Реактор РБМК-1000 – <http://www.reactors.narod.ru/rbm/index.htm>

4. Электронный каталог библиотеки ИГЭУ – <http://www.library.ispu.ru/elektronnaya-biblioteka>

5. ООО «Триеру» - <http://twi.mpei.ac.ru/ochkov/trenager/trenager.htm>

6. Кафедра ТЭС НГТУ – <http://tes.power.nstu.ru/>

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

1. программа определения термодинамических и теплофизических параметров воды и водяного пара «H<sub>2</sub>O»;

2. «REGRESS» – программа регрессионного анализа для обработки результатов эксперимента;

3. «TABL1», «TFS», «TFM» – для расчета свойств теплоносителей.

4. WaterSteamPro – программа теплофизических и термодинамических свойств теплоносителей.

- 5.статический тренажер «Технологическая схема первого контура АЭС»;
- 6.статический тренажер «Система аварийного охлаждения зоны»;
- локальный тренажер «Устройство ГЦН ВВЭР».
7. Document Foundation LibreOffice;
8. Cisco Webex Meetings\$ ;
9. Zoom Zoom.

## 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 (компьютерный класс)<br>634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 28 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Комплект учебной мебели на 10 посадочных мест;</li> <li>– Шкаф для одежды - 2 шт.;</li> <li>– Шкаф для документов - 1 шт.;</li> <li>– Тумба стационарная - 10 шт.;</li> <li>– Тумба подкатная - 1 шт.;</li> <li>– Компьютер - 13 шт.;</li> <li>– Принтер - 4 шт.</li> </ul> |
| 2 | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 401                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Доска аудиторная поворотная - 1 шт.;</li> <li>– Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест;</li> <li>– Компьютер - 1 шт.;</li> <li>– Проектор - 1 шт</li> </ul>                                                                                                          |
| 3 | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 406                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Доска аудиторная поворотная - 1 шт.;</li> <li>– Стол письменный - 1 шт.;</li> <li>– Комплект учебной мебели на 52 посадочных мест;</li> <li>– Анализатор дымовых газов Testo350 - 1 шт.;</li> <li>– Компьютер - 2 шт.;</li> <li>– Проектор - 1 шт.</li> </ul>               |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг (приема 2017 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

| Должность                | ФИО           |
|--------------------------|---------------|
| Доцент НОЦ И.Н. Бутакова | Воробьев А.В. |

Программа одобрена на заседании кафедры АТЭС (протокол от 18.05.2017 г. № 19).

Заведующий кафедрой – руководитель  
НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры  
д.т.н., профессор

 /Заворин А.С./  
подпись



**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| Учебный год                 | Содержание /изменение | Обсуждено на заседании<br>НОЦ И.Н. Бутакова<br>(протокол) |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------|
| 20__ / __<br>учебный<br>год |                       |                                                           |
|                             |                       |                                                           |
|                             |                       |                                                           |
|                             |                       |                                                           |
|                             |                       |                                                           |