

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

«25» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2018 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

**ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

|                                                         |                                                                          |           |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Направление подготовки/<br>специальность                | 14.05.04 Электроника и автоматика физических установок                   |           |
| Образовательная программа<br>(направленность (профиль)) | Электроника и автоматика физических установок                            |           |
| Специализация                                           | Системы управления технологическими процессами и физическими установками |           |
| Уровень образования                                     | высшее образование - специалитет                                         |           |
| Курс                                                    | 4                                                                        | 8 семестр |
| Трудоемкость в кредитах<br>(зачетных единицах)          | 4                                                                        |           |
| Виды учебной деятельности                               | Временной ресурс                                                         |           |
| Контактная (аудиторная)<br>работа, ч                    | Лекции                                                                   | 24        |
|                                                         | Практические занятия                                                     | 8         |
|                                                         | Лабораторные занятия                                                     | 24        |
|                                                         | ВСЕГО                                                                    | 56        |
| Самостоятельная работа, ч                               |                                                                          | 88        |
| ИТОГО, ч                                                |                                                                          | 144       |

| Вид промежуточной<br>аттестации                                      | экзамен | Обеспечивающее<br>подразделение | ОЯТЦ          |
|----------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------|---------------|
| Заведующий кафедрой -<br>руководитель отделения на<br>правах кафедры |         |                                 | А.Г. Горюнов  |
| Руководитель ООП                                                     |         |                                 | А.Г. Горюнов  |
| Преподаватель                                                        |         |                                 | С.Н. Ливенцов |

2020г.

## 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                                                                                                                                        |
| ОПК(У)-1        | Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и выработки решения | ОПК(У)-1.В13                                                | Владеет методами дискретно-аналогового получения рекуррентных соотношений из передаточных функций                                                   |
|                 |                                                                                                                                                                                                                     | ОПК(У)-1.У13                                                | Умеет получать рекуррентные соотношения из передаточных функций с целью реализации цифровых регуляторов на ЭВМ для промышленных объектов управления |
|                 |                                                                                                                                                                                                                     | ОПК(У)-1.313                                                | Знает математический аппарат цифровых систем управления                                                                                             |
| ПК(У)-23        | Способен применять современные методы исследования процессов и объектов профессиональной деятельности, применять математический аппарат для формализации, анализа и выработки решения                               | ПК(У)-23.В12                                                | Владеет методами синтеза, анализа качества и устойчивости цифровых систем управления на ЭВМ                                                         |
|                 |                                                                                                                                                                                                                     | ПК(У)-23.312                                                | Знает методы структурного и параметрического синтеза цифровых регуляторов                                                                           |

## 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                                          | Владеть методами моделирования цифровых систем управления на ЭВМ.                                  | ОПК(У)-1, ПК(У)-23 |
| РД-2                                          | Использовать математический аппарат цифровых систем управления.                                    | ПК(У)-23, ОПК(У)-1 |
| РД -3                                         | Владеть методами дискретно-аналогового получения рекуррентных соотношений из передаточных функций. | ПК(У)-23           |
| РД-4                                          | Владеть методами синтеза, анализа качества и устойчивости цифровых систем управления на ЭВМ.       | ПК(У)-23           |

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 (модуль) 1. Введение и общие положения.                                                                                | РД-2                                         | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                                               |                                              |                           |                   |
|                                                                                                                               |                                              |                           |                   |
|                                                                                                                               |                                              | Самостоятельная работа    | 4                 |
| Раздел (модуль) 2. Представление сигналов в цифровом виде и эффекты, возникающие при квантовании сигналов по уровню и времени | РД-2                                         | Лекции                    | 4                 |
|                                                                                                                               |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                                               |                                              |                           |                   |
|                                                                                                                               |                                              | Самостоятельная работа    | 12                |
| Раздел (модуль) 3. Описание цифровых систем управления                                                                        | РД-1                                         | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                                               |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                                               |                                              | Лабораторные занятия      | 6                 |
|                                                                                                                               |                                              | Самостоятельная работа    | 22                |
| Раздел (модуль) 4. Регуляторы ЦСУ.                                                                                            | РД-4                                         | Лекции                    | 10                |
|                                                                                                                               |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                                               |                                              | Лабораторные занятия      | 6                 |
|                                                                                                                               |                                              | Самостоятельная работа    | 18                |
| Раздел (модуль) 5. Устойчивость ЦСУ, компенсация полюсов и нулей, влияние недокомпенсации.                                    | РД-3<br>РД-4                                 | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                                               |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                                               |                                              | Лабораторные занятия      | 12                |
|                                                                                                                               |                                              | Самостоятельная работа    | 22                |
| Раздел (модуль) 6. Результаты моделирования и внедрения на производстве ЦСУ                                                   | РД-3                                         | Лекции                    | 4                 |
|                                                                                                                               |                                              |                           |                   |
|                                                                                                                               |                                              |                           |                   |
|                                                                                                                               |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |

Содержание разделов дисциплины:

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

Рассказывается о предмете и задачах курса, развитии управляющей вычислительной техники и возможностях реализации ЦСУ разного уровня.

##### **Темы лекций:**

1. Предмет и задачи курса. Развитие управляющей вычислительной техники и возможностей реализации ЦСУ разного уровня.

##### **Раздел 2. Представление сигналов в цифровом виде и эффекты, возникающие при квантовании сигналов по уровню и времени – 4 часа.**

Рассматривается представление сигналов в цифровом виде (квантование, восстановление сигналов) и эффекты, возникающие при квантовании сигналов по уровню и времени (транспонирование частот, ошибки квантования, преимущества и недостатки).

##### **Темы лекций:**

1. Представление сигналов в цифровом виде.

2. Эффекты, возникающие при квантовании сигналов по уровню и времени.

##### **Темы практических занятий:**

1. Цифровое моделирование промышленных объектов с использованием метода

### **Раздел 3. Описание цифровых систем управления – 2 часа.**

Изучается метод дискретно-аналогового получения рекуррентных соотношений из передаточных функций на основе  $Z$  – преобразования, экстраполяторов (нулевого, первого и второго порядков) и способ получения дискретных передаточных функций для компьютерного моделирования ЦСУ.

#### **Темы лекций:**

1.  $Z$  – преобразование. Экстраполяторы. Дискретные передаточные функции для компьютерного моделирования ЦСУ.

#### **Темы практических занятий:**

1. Цифровое моделирование регуляторов с использованием метода дискретно-аналогового моделирования.

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Цифровое моделирование промышленных объектов и регуляторов с использованием метода дискретно-аналогового моделирования. (6 часов)

### **Раздел 4. – Регуляторы ЦСУ – 10 часов.**

Изучаются методы параметрического и структурного синтеза цифровых регуляторов, метод цифровой параметрической оптимизации, использование цифровых методов для непрерывных систем с последующим использованием в стандартных регуляторах П, ПИ, и ПИД ЦСУ, метод динамической компенсации непрерывных систем, разновидности компенсационных регуляторов (Далина, Острёма, Калмана) и апериодических регуляторов (без запаздывания, повышенного порядка, с запаздыванием).

#### **Темы лекций:**

1. Параметрически оптимизируемые регуляторы ЦСУ.
2. Компенсационные регуляторы.
3. Апериодические регуляторы.
4. Метод динамической компенсации непрерывных систем. Цифровой метод динамической компенсации
5. Без запаздывания. Повышенного порядка. С запаздыванием
6. Метод пространства состояний и его использование в ЦСУ.

#### **Темы практических занятий:**

1. Цифровое моделирование параметрически оптимизируемого регулятора с использованием метода дискретно-аналогового моделирования

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Цифровое моделирование параметрически оптимизируемого регулятора с использованием метода дискретно-аналогового моделирования. (6 часов)

### **Раздел 5. Устойчивость ЦСУ, компенсация полюсов и нулей, влияние недокомпенсации – 2 часа.**

Рассматривается устойчивость ЦСУ, компенсация полюсов и нулей, влияние недокомпенсации. Изучается методика моделирования замкнутой системы управления. Исследуется влияние параметров дискретизации по уровню и времени регулятора на качество управления.

**Темы лекций:**

1. Устойчивость ЦСУ, компенсация полюсов и нулей, влияние недокомпенсации.

**Темы практических занятий:**

1. Цифровое моделирование замкнутой системы управления с использованием метода дискретно-аналогового моделирования

**Названия лабораторных работ:**

1. Цифровое моделирование замкнутой системы управления с использованием метода дискретно-аналогового моделирования. Применение различных методов настройки регулятора. (6 часов);
2. Исследование влияния параметров дискретизации по уровню и времени регулятора на качество управления. (6 часов).

|                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 6. Результаты моделирования и внедрения ЦСУ на производстве – 4 часа.</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|

Рассказываются нюансы практического использования теоретических положений, моделирования и внедрения на ЦСУ производстве

**Темы лекций:**

1. Результаты моделирования и внедрения на ЦСУ производстве.

**5. Организация самостоятельной работы студентов**

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

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- 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. Бесекерский, Виктор Антонович. Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: Профессия, 2004. — 747 с.: ил. — Текст : непосредственный.

2. Алхимов, Юрий Васильевич. Микропроцессоры и цифровые системы = Microprocessors and Digital Systems : учебное пособие / Ю. В. Алхимов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск : Изд-во ТПУ, 2014. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/m104.pdf> (дата обращения: 20.03.2018) — Режим доступа: доступ из корпоративной сети ТПУ. - Текст : электронный.

3. Ливенцова, Нина Владимировна. Цифровые системы управления : электронный курс / Н. В. Ливенцова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Физико-технический институт (ФТИ), Кафедра электроники и автоматики физических установок (№ 24) (ЭАФУ). — Томск: TPU Moodle, 2016. — Томск: Изд-во ТПУ, 2014. — URL: <http://design.lms.tpu.ru/enrol/index.php?id=1333> (дата обращения: 20.03.2018) — Режим доступа: доступ по логину и паролю. - Текст : электронный.

### Дополнительная литература

1. Гурецкий, Хенрик. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием : пер. с пол. / Х . Гурецкий. — Москва : Машиностроение, 1974. — 327 с.: черт. — Текст : непосредственный.
2. . Шапкарина, Г. Г. Основы цифрового управления : учебно-методическое пособие / Г. Г. Шапкарина. — Москва : МИСИС, 2009 — Часть 2 : Анализ и синтез цифровых систем управления — 2009. — 143 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116701> (дата обращения: 16.03.2018). — 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. Электронный курс «Цифровые системы управления». Режим доступа: <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=1106>
2. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
3. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>
4. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>
5. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>

**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. 7-Zip;
2. Adobe Acrobat Reader DC;
3. Adobe Flash Player;
4. Design Science MathType 6.9 Lite;
5. Document Foundation LibreOffice;
6. Google Chrome;
7. MathWorks MATLAB Full Suite R2017b;
8. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
9. Putty;
10. WinDjView;
11. Zoom Zoom;
12. Cisco Webex Meetings;
13. Mozilla Firefox ESR;
14. Tracker Software PDF-XChange Viewer.

### 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>634028 Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 328 | Доска аудиторная настенная - 1 шт.;<br>Шкаф для одежды - 1 шт.;<br>Шкаф для документов - 2 шт.;<br>Тумба стационарная - 2 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест;<br>Компьютер - 12 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, 340 | Доска аудиторная настенная - 2 шт.;<br>Тумба подкатная - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 48 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<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 431 | Комплект учебной мебели на 32 посадочных мест;<br>Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.                                                                    |

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 2018г., очная форма обучения).

Разработчик:

| Должность      | ФИО           |
|----------------|---------------|
| Профессор ОЯТЦ | Ливенцов С.Н. |

Программа одобрена на заседании выпускающего Отделения ядерно-топливного цикла ИЯТШ (протокол от «31» мая 2018 г. №3).

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

подпись

А.Г. Горюнов

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| Учебный год              | Содержание /изменение                                                                                                                                                                                                                | Обсуждено на заседании<br>Отделения ядерно-топливного цикла (протокол) |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 2019/2020<br>учебный год | 1. Обновлено программное обеспечение.<br>2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем.<br>3. Обновлено содержание разделов дисциплины.<br>4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС. | от 28.06.2019 г.<br>№ 16                                               |
| 2020/2021<br>учебный год | Изменены формы документов ООП согласно приказу:<br>– «Об утверждении форм документов ООП» (приказ № 127-7/об от 06.05.2020 г.)                                                                                                       | от 25.06.2020 г.<br>№ 28-д                                             |
| 2020/2021<br>учебный год | 1. Обновлено программное обеспечение.<br>2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем.<br>3. Обновлено содержание разделов дисциплины.<br>4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС. | от 01.09.2020 г.<br>№ 29-д                                             |