

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 2016 г.  
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

| ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ                          |                                                          |         |   |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------|---|
| Направление подготовки/специальность                 | 14.05.04 Электроника и автоматика физических установок   |         |   |
| Образовательная программа (направленность (профиль)) | Электроника и автоматика физических установок            |         |   |
| Специализация                                        | Системы автоматизации физических установок и их элементы |         |   |
| Уровень образования                                  | высшее образование - специалитет                         |         |   |
| Курс                                                 | 4                                                        | семестр | 8 |
| Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)          | 4                                                        |         |   |
| Виды учебной деятельности                            | Временной ресурс                                         |         |   |
| Контактная (аудиторная) работа, ч                    | Лекции                                                   | 24      |   |
|                                                      | Практические занятия                                     | 8       |   |
|                                                      | Лабораторные занятия                                     | 24      |   |
|                                                      | ВСЕГО                                                    | 56      |   |
| Самостоятельная работа, ч                            |                                                          | 88      |   |
| ИТОГО, ч                                             |                                                          | 144     |   |

| Вид промежуточной аттестации                                         | экзамен                                                                              | Обеспечивающее подразделение | ОЯТЦ |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------|
| Заведующий кафедрой -<br>руководитель отделения<br>на 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. 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                                                                                                                                        |
| 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 | Р6                      | ОПК(У)-1.B13                                                | Владеет методами дискретно-аналогового получения рекуррентных соотношений из передаточных функций                                                   |
|                 |                                                                                                                                                                                                                     |                         | ОПК(У)-1.Y13                                                | 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                               | Р9                      | ПК(У)-23.B12                                                | 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,<br>ПК(У)-23 |
| РД-2                                          | Использовать математический аппарат цифровых систем управления.                                    | ПК(У)-23,<br>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 1. Введение и общие положения.                                                                                | РД-2                                         | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                                      |                                              |                           |                   |
|                                                                                                                      |                                              |                           |                   |
|                                                                                                                      |                                              | Самостоятельная работа    | 4                 |
| Раздел 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 3. Описание цифровых систем управления                                                                        | РД-1                                         | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                                      |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                                      |                                              | Лабораторные занятия      | 6                 |
|                                                                                                                      |                                              | Самостоятельная работа    | 22                |
| Раздел 4. Регуляторы ЦСУ.                                                                                            | РД-4                                         | Лекции                    | 10                |
|                                                                                                                      |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                                      |                                              | Лабораторные занятия      | 6                 |
|                                                                                                                      |                                              | Самостоятельная работа    | 18                |
| Раздел 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 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 дискретно-аналогового моделирования

### **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: 16.03.2016) — 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 автоматизации 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: 16.03.2016) — 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: 27.03.2016). — 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). 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.                                                                                   | Доска аудиторная настенная - 2 шт.; Тумба подкатная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест;<br>Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.                                                     |

|    |                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                          |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 634028 Томская область, г. Томск,<br>Ленина проспект, д. 2, 340                                                                                                                                                           |                                                                                          |
| 3. | Аудитория для проведения учебных<br>занятий всех типов, курсового<br>проектирования, консультаций,<br>текущего контроля и промежуточной<br>аттестации<br>634028, Томская область, г. Томск,<br>Ленина проспект, д. 2, 431 | Комплект учебной мебели на 32 посадочных<br>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 автоматизации физических установок и их элементы» (приема 2016г., очная форма обучения).

Разработчик:

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

Программа одобрена на заседании выпускающей кафедры «Электроника и автоматика физических установок» ФТИ (протокол от «03» ноября 2016 г. №9).

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 кафедры Электроника и автоматика физических установок (протокол) |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 2017/2018 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 04.05.2017 г.<br>№ 17                                                                |

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| Учебный год           | Содержание /изменение                                                                                                                                                                                                                                                                   | Обсуждено на заседании Отделения ядерно-топливного цикла (протокол) |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 2018/2019 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 31.05.2018 г.<br>№ 3                                             |
|                       | Изменена система оценивания согласно приказам:<br>– «Положение о проведении текущего контроля и промежуточной аттестации в ТПУ» (приказ №59/од от 25.07.2018 г.)<br>– «Системы оценивания результатов обучения в Томском политехническом университете» (приказ №58/од от 25.07.2018 г.) | от 27.08.2018 г.<br>№ 3-д                                           |
| 2019/2020 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 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                                          |