

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УР

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Владелец: Семенко Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **27.04.04 Управление в технических системах**

Направленность (профиль) / специализация: **Управление и автоматизация бортовых комплексов**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Факультет вычислительных систем (ФВС)**

Кафедра: **Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП)**

Курс: **1**

Семестр: **1**

Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности          | 1 семестр | Всего | Единицы |
|------------------------------------|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия                 | 8         | 8     | часов   |
| Практические занятия               | 10        | 10    | часов   |
| Лабораторные занятия               | 18        | 18    | часов   |
| Самостоятельная работа             | 108       | 108   | часов   |
| Подготовка и сдача экзамена        | 36        | 36    | часов   |
| Общая трудоемкость                 | 180       | 180   | часов   |
| (включая промежуточную аттестацию) | 5         | 5     | з.е.    |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Экзамен                        | 1       |

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Дать понятия о цифровых системах автоматики, их современной технической реализации и методах их анализа и проектирования.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Ознакомление студентов с цифровыми системами регулирования, их типовыми схемами и элементами.

2. Привитие студентам навыков анализа и синтеза цифровых систем управления, в том числе с мини- и микро- ЭВМ в контуре управления.

3. Привитие студентам навыков экспериментального исследования цифровых систем автоматического управления.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Обязательная часть.

Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки (hard skills – HS).

Индекс дисциплины: Б1.О.02.03.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция   | Индикаторы достижения компетенции   | Планируемые результаты обучения по дисциплине   |
|---|---|---|
| <b>Универсальные компетенции</b>  |   |   |
| -   | -   | -   |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b>   |   |   |
| ОПК-4. Способен осуществлять оценку эффективности результатов разработки систем управления математическими методами | ОПК-4.1. Знает математические методы оценки эффективности результатов разработки систем управления                            | Должен знать методы оценки эффективности разработанных цифровых систем автоматического управления.                                  |
|   | ОПК-4.2. Умеет осуществлять оценку эффективности результатов деятельности   | Должен уметь оценивать эффективность разрабатываемых цифровых систем автоматического управления.                                    |
|   | ОПК-4.3. Владеет навыками формулирования критериев и проведения оценки эффективности результатов разработки систем управления | Должен владеть навыками формулировки критериев качества разрабатываемых цифровых систем автоматического управления и регулирования. |

|  |  |   |
|--|--|---|
| ОПК-8. Способен выбирать методы и разрабатывать системы управления сложными техническими объектами и технологическими процессами | ОПК-8.1. Знает классические и современные методы разработки и проектирования систем управления сложными техническими объектами и технологическими процессами | Должен знать классические и современные методы анализа и синтеза цифровых систем автоматического управления сложными техническими объектами и технологическими процессами |
|  | ОПК-8.2. Умеет использовать современные методы анализа данных, обработки информации и управления в сложных технических объектах                              | Должен уметь использовать современные методы анализа и синтеза цифровых систем автоматического управления сложными техническими объектами и процессами.                   |
|  | ОПК-8.3. Разрабатывает программно-аппаратное обеспечение систем управления сложными техническими объектами и технологическими процессами                     | Должен разрабатывать программно-аппаратные средства цифровых систем автоматического управления техническими объектами и процессами.                                       |
| <b>Профессиональные компетенции</b>  |  |   |
| -  | -  | -   |

#### 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности   | Всего часов | Семестры  |
|---|-------------|-----------|
|   |             | 1 семестр |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>   | 36          | 36        |
| Лекционные занятия  | 8           | 8         |
| Практические занятия  | 10          | 10        |
| Лабораторные занятия  | 18          | 18        |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 108         | 108       |
| Подготовка к тестированию   | 68          | 68        |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета  | 40          | 40        |
| <b>Подготовка и сдача экзамена</b>  | 36          | 36        |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b>   | 180         | 180       |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>  | 5           | 5         |

#### 5. Структура и содержание дисциплины

##### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины  | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|--------------|---------------|-----------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>1 семестр</b>  |              |               |           |              |                            |                         |
| 1 Общая функциональная схема и состав цифровых систем регулирования.              | 1            | -             | -         | 4            | 5                          | ОПК-8                   |
| 2 Математическое описание процессов квантования и фильтрации в цифровых системах. | 1            | 2             | -         | 10           | 13                         | ОПК-8                   |
| 3 Метод z-преобразования.   | 1            | 2             | -         | 10           | 13                         | ОПК-8                   |
| 4 Метод пространства состояний.   | 1            | 2             | 4         | 27           | 34                         | ОПК-8                   |
| 5 Моделирование систем управления с применением цифровых методов                  | 1            | -             | 6         | 26           | 33                         | ОПК-4, ОПК-8            |
| 6 Анализ и синтез цифровых систем управления.                                     | 3            | 4             | 8         | 31           | 46                         | ОПК-4, ОПК-8            |
| Итого за семестр  | 8            | 10            | 18        | 108          | 144                        |                         |
| Итого   | 8            | 10            | 18        | 108          | 144                        |                         |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины  | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)  | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|---|---|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>1 семестр</b>  |   |                                      |                         |
| 1 Общая функциональная схема и состав цифровых систем регулирования.              | Типовые структурные и функциональные схемы цифровых систем автоматики. Объекты цифровых систем управления. Характеристики объектов, их математическое описание. Элементы цифровых систем: устройство связи с объектом, аналого-цифровой преобразователь, цифро-аналоговый преобразователь, устройство выборки и хранения, мультиплексор и демультимплексор. | 1                                    | ОПК-8                   |
|   | Итого   | 1                                    |                         |
| 2 Математическое описание процессов квантования и фильтрации в цифровых системах. | Преобразование и обработка сигналов в цифровых системах управления. Математическое описание процесса квантования. Понятие идеального квантователя. Реальный квантователь. Восстановление сигнала по дискретным выборкам. Устройства восстановления (фильтрации) сигнала.  | 1                                    | ОПК-8                   |
|   | Итого   | 1                                    |                         |

|  |  |   |              |
|--|--|---|--------------|
| 3 Метод z-преобразования.  | Основы метода. Понятие z-преобразования. Импульсная (дискретная) передаточная функция. Структурный анализ цифровых систем. Исследование процессов между моментами квантования: метод дробного квантования и модифицированное z-преобразование.   | 1 | ОПК-8        |
|  | Итого  | 1 |              |
| 4 Метод пространства состояний.                                  | Особенности метода пространства состояний в применении к цифровым системам. Уравнения состояния. Решение дискретных уравнений состояния. Переходная( фундаментальная) матрица. Связь уравнений состояния с передаточной функцией. Методы декомпозиции передаточной функции. Связь между управляемостью,наблюдаемостью и передаточными функциями. | 1 | ОПК-8        |
|  | Итого  | 1 |              |
| 5 Моделирование систем управления с применением цифровых методов | Применения устройств выборки и хранения. Методы численного интегрирования. Метод z-форм. Метод пространства состояний с применением УВХ.   | 1 | ОПК-4, ОПК-8 |
|  | Итого  | 1 |              |
| 6 Анализ и синтез цифровых систем управления.                    | Устойчивость, необходимое и достаточное условие устойчивости. Дискретные аналоги критериев устойчивости. Переходные процессы,ошибки в типовых режимах. Методы синтеза цифровых систем.   | 3 | ОПК-4, ОПК-8 |
|  | Итого  | 3 |              |
| Итого за семестр   |  | 8 |              |
| Итого  |  | 8 |              |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины  | Наименование практических занятий (семинаров)                  | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|--|-----------------|-------------------------|
| <b>1 семестр</b>  |  |                 |                         |
| 2 Математическое описание процессов квантования и фильтрации в цифровых системах. | Ошибки квантования и восстановления сигналов.                  | 2               | ОПК-8                   |
|   | Итого  | 2               |                         |
| 3 Метод z-преобразования.   | Составление передаточных функций и метод дробного квантования. | 2               | ОПК-8                   |
|   | Итого  | 2               |                         |

|   |   |    |       |
|---|---|----|-------|
| 4 Метод пространства состояний.               | Решение дискретных уравнений состояния.<br>Переходная(фундаментальная) матрица. | 2  | ОПК-8 |
|   | Итого   | 2  |       |
| 6 Анализ и синтез цифровых систем управления. | Критерии устойчивости.Ошибки в типовых режимах.                                 | 2  | ОПК-8 |
|   | Методы синтеза цифровых систем.   | 2  | ОПК-8 |
|   | Итого   | 4  |       |
| Итого за семестр                              |   | 10 |       |
| Итого   |   | 10 |       |

#### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины                               | Наименование лабораторных работ   | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--|---|-----------------|-------------------------|
| <b>1 семестр</b>   |   |                 |                         |
| 4 Метод пространства состояний.                                  | Получение и анализ уравнений состояния цифровой системы автоматического управления.   | 4               | ОПК-8                   |
|  | Итого   | 4               |                         |
| 5 Моделирование систем управления с применением цифровых методов | Исследование цифровых моделей систем регулирования.   | 6               | ОПК-8                   |
|  | Итого   | 6               |                         |
| 6 Анализ и синтез цифровых систем управления.                    | Синтез последовательного цифрового регулятора методом билинейного преобразования.<br>Изучение устройства, свойств и методов синтеза цифровых ПИД-регуляторов. | 8               | ОПК-8                   |
|  | Итого   | 8               |                         |
| Итого за семестр   |   | 18              |                         |
| Итого  |   | 18              |                         |

#### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

#### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|----------------|
| <b>1 семестр</b>                   |                             |                 |                         |                |

|   |  |     |              |                     |
|---|--|-----|--------------|---------------------|
| 1 Общая функциональная схема и состав цифровых систем регулирования.              | Подготовка к тестированию                          | 4   | ОПК-8        | Тестирование        |
|   | Итого  | 4   |              |                     |
| 2 Математическое описание процессов квантования и фильтрации в цифровых системах. | Подготовка к тестированию                          | 10  | ОПК-8        | Тестирование        |
|   | Итого  | 10  |              |                     |
| 3 Метод z-преобразования.   | Подготовка к тестированию                          | 10  | ОПК-8        | Тестирование        |
|   | Итого  | 10  |              |                     |
| 4 Метод пространства состояний.   | Подготовка к тестированию                          | 12  | ОПК-8        | Тестирование        |
|   | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 15  | ОПК-8        | Лабораторная работа |
|   | Итого  | 27  |              |                     |
| 5 Моделирование систем управления с применением цифровых методов                  | Подготовка к тестированию                          | 16  | ОПК-4, ОПК-8 | Тестирование        |
|   | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 10  | ОПК-8        | Лабораторная работа |
|   | Итого  | 26  |              |                     |
| 6 Анализ и синтез цифровых систем управления.                                     | Подготовка к тестированию                          | 16  | ОПК-4, ОПК-8 | Тестирование        |
|   | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 15  | ОПК-8        | Лабораторная работа |
|   | Итого  | 31  |              |                     |
| Итого за семестр  |  | 108 |              |                     |
|   | Подготовка и сдача экзамена                        | 36  |              | Экзамен             |
| Итого   |  | 144 |              |                     |

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности |            |           |           | Формы контроля                             |
|-------------------------|---------------------------|------------|-----------|-----------|--|
|                         | Лек. зан.                 | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. |  |
| ОПК-4                   | +                         |            |           | +         | Тестирование, Экзамен                      |
| ОПК-8                   | +                         | +          | +         | +         | Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля           | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|--------------------------|--|---|---|------------------|
| <b>1 семестр</b>         |  |   |   |                  |
| Лабораторная работа      | 0  | 15  | 25  | 40               |
| Тестирование             | 10   | 10  | 10  | 30               |
| Экзамен                  |  |   |   | 30               |
| Итого максимум за период | 10   | 25  | 35  | 100              |
| Нарастающим итогом       | 10   | 35  | 70  | 100              |

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

| Баллы на дату текущего контроля                       | Оценка |
|---|--------|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК         | 5      |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 4      |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 3      |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК         | 2      |

### 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка                               | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS)           |
|--------------------------------------|--|-------------------------|
| 5 (отлично) (зачтено)                | 90 – 100   | A (отлично)             |
| 4 (хорошо) (зачтено)                 | 85 – 89  | B (очень хорошо)        |
|                                      | 75 – 84  | C (хорошо)              |
|                                      | 70 – 74  | D (удовлетворительно)   |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено)      | 65 – 69  | E (посредственно)       |
|                                      | 60 – 64  |                         |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов   | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Цифровые системы автоматического регулирования: Учебное пособие / А. Г. Карпов - 2015. 216 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6244>.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Математические основы теории систем: Учебное пособие / А. Г. Карпов - 2016. 230 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6266>.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия



1. Цифровые системы автоматического управления: Учебное методическое пособие для магистров направления подготовки «Управление в технических системах» 27.04.04 / А. Г. Карпов - 2016. 38 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6245>.

### **7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### **7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>.

## **8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

### **8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### **8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Лаборатория элементов и устройств систем автоматики: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 330 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Проектор LG RD-DX130;
- Стенд для исследования приводов;
- Стенд для изучения и программирования промышленных контроллеров MOSCAD;
- Стенд для изучения и программирования промышленных контроллеров систем управления;
- Стенд для изучения АСУ дорожным движением в комплекте;
- Стенд для изучения АСУ наружным освещением в комплекте;
- Стенд для систем ПИД-регулирования;
- Стенд для изучения систем регулирования давления на основе управляемого электропривода;
- Стенд для изучения СУ движением на основе интеллектуального электропривода переменного тока;
- Стенд для использования систем бесперебойного электропитания;
- Учебный стенд на базе логических модулей LOGO;
- Учебный стенд на базе программируемого логического контроллера;
- Учебный электромеханический робот с компьютерным управлением и элементами

технического зрения;

- Экран интерактивный SMARTBOARD;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Mathcad 13, 14;
- Microsoft EXCEL Viewer;
- Microsoft PowerPoint Viewer;
- Microsoft Word Viewer;
- Windows XP Professional Edition;

### **8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Лаборатория элементов и устройств систем автоматики: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 330 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Проектор LG RD-DX130;
- Стенд для исследования приводов;
- Стенд для изучения и программирования промышленных контроллеров MOSCAD;
- Стенд для изучения и программирования промышленных контроллеров систем

управления;

- Стенд для изучения АСУ дорожным движением в комплекте;
- Стенд для изучения АСУ наружным освещением в комплекте;
- Стенд для систем ПИД-регулирования;
- Стенд для изучения систем регулирования давления на основе управляемого

электропривода;

- Стенд для изучения СУ движением на основе интеллектуального электропривода

переменного тока;

- Стенд для использования систем бесперебойного электропитания;
- Учебный стенд на базе логических модулей LOGO;
- Учебный стенд на базе программируемого логического контроллера;
- Учебный электромеханический робот с компьютерным управлением и элементами

технического зрения;

- Экран интерактивный SMARTBOARD;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Mathcad 13, 14;
- Microsoft EXCEL Viewer;
- Microsoft PowerPoint Viewer;
- Microsoft Word Viewer;
- Windows XP Professional Edition;

### **8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;

- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### **8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## **9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

### **9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации**

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины  | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ)            |
|---|-------------------------|----------------|-------------------------------------|
| 1 Общая функциональная схема и состав цифровых систем регулирования.              | ОПК-8                   | Тестирование   | Примерный перечень тестовых заданий |
|   |                         | Экзамен        | Перечень экзаменационных вопросов   |
| 2 Математическое описание процессов квантования и фильтрации в цифровых системах. | ОПК-8                   | Тестирование   | Примерный перечень тестовых заданий |
|   |                         | Экзамен        | Перечень экзаменационных вопросов   |
| 3 Метод z-преобразования.   | ОПК-8                   | Тестирование   | Примерный перечень тестовых заданий |
|   |                         | Экзамен        | Перечень экзаменационных вопросов   |

|  |              |                     |                                     |
|--|--------------|---------------------|-------------------------------------|
| 4 Метод пространства состояний.                                  | ОПК-8        | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ             |
|  |              | Тестирование        | Примерный перечень тестовых заданий |
|  |              | Экзамен             | Перечень экзаменационных вопросов   |
| 5 Моделирование систем управления с применением цифровых методов | ОПК-4, ОПК-8 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ             |
|  |              | Тестирование        | Примерный перечень тестовых заданий |
|  |              | Экзамен             | Перечень экзаменационных вопросов   |
| 6 Анализ и синтез цифровых систем управления.                    | ОПК-4, ОПК-8 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ             |
|  |              | Тестирование        | Примерный перечень тестовых заданий |
|  |              | Экзамен             | Перечень экзаменационных вопросов   |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка                     | Баллы за ОМ                                | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения |   |  |
|----------------------------|--|---|---|--|
|                            |  | знать   | уметь   | владеть  |
| 2<br>(неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов         | отсутствие знаний или фрагментарные знания  | отсутствие умений или частично освоенное умение             | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков              |
| 3<br>(удовлетворительно)   | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания   | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков           |
| 4 (хорошо)                 | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания                             | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение    | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично)                | ≥ 90% от максимальной суммы баллов         | сформированные систематические знания   | сформированное умение                                       | успешное и систематическое применение навыков                        |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка                     | Формулировка требований к степени компетенции  |
|----------------------------|--|
| 2<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне <b>ориентирования</b> , представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3<br>(удовлетворительно)   | Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.   |
| 4 (хорошо)                 | Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.   |
| 5 (отлично)                | Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.                             |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Какой вид квантования имеет место в цифровых системах автоматического управления?
  - а) квантование отсутствует
  - б) квантование по уровню и по времени
  - в) квантование по уровню
  - г) квантование по времени
2. Аналого-цифровой преобразователь осуществляет
  - а) преобразование аналогового сигнала в цифровой
  - б) преобразование цифрового сигнала в аналоговый
  - в) преобразование аналогового сигнала в последовательность частотно-модулированных импульсов
  - г) преобразование аналогового сигнала в последовательность широтно-модулированных импульсов.
3. Преобразование числа, представленного в виде машинного слова, в эквивалентный аналоговый сигнал осуществляет
  - а) аналого-цифровой преобразователь
  - б) квантователь
  - в) цифро-аналоговый преобразователь
  - г) устройство выборки и хранения
4. Идеальный квантователь – это
  - а) квантователь с переменным временем выборки
  - б) квантователь с ненулевым фиксированным временем выборки
  - в) квантователь с бесконечным временем выборки
  - г) квантователь с нулевым временем выборки
5. По условиям импульсной теоремы сигнал для его полного описания должен быть квантован с частотой
  - а) больше максимальной частоты исходного сигнала
  - б) меньше максимальной частоты исходного сигнала
  - в) меньше удвоенной максимальной частоты исходного сигнала
  - г) больше удвоенной максимальной частоты исходного сигнала.
6. Непосредственная декомпозиция всегда приводит к уравнениям состояния, в которых

- матрица  $A$  является
- а) диагональной
  - б) единичной
  - в) матрицей Фробениуса
  - г) жордановой
7. Понятие управляемости цифровой системы по состоянию означает
    - а) возможность изменения вектора состояния путем изменения входа
    - б) возможность изменения выхода путем изменения входа
    - в) возможность изменения выхода путем изменения вектора состояния
    - г) возможность измерения вектора состояния
  8. Восстановитель Шеннона можно успешно применять, если
    - а) сигнал квантован через различные промежутки времени
    - б) выполняются условия импульсной теоремы
    - в) сигнал квантован через одинаковые промежутки времени
  9. Модифицированное  $z$ -преобразование предназначено для
    - а) более точного определения сигнала в моменты квантования
    - б) определения значений сигнала между моментами квантования
    - в) определения устойчивости системы
    - г) более простых вычислений при определении значений сигнала
  10. Импульсная передаточная функция – это
    - а)  $z$ -преобразование сигнала на выходе
    - б) отношение  $z$ -преобразования сигнала на выходе к  $z$ -преобразованию сигнала на входе при нулевых начальных условиях
    - в) отношение  $z$ -преобразования сигнала на выходе к  $z$ -преобразованию сигнала на входе при нулевых начальных условиях
    - г)  $z$ -преобразование сигнала на входе
  11. Цифровая система задана импульсной передаточной функцией. Годограф Михайлова определяется по
    - а) числителю импульсной передаточной функции
    - б) знаменателю импульсной передаточной функции
    - в) сумме числителя и знаменателя импульсной передаточной функции
    - г) разности числителя и знаменателя импульсной передаточной функции.
  12. Критерий Найквиста позволяет определять
    - а) устойчивость замкнутой цифровой системы по амплитудно-фазовому годографу замкнутой системы
    - б) устойчивость замкнутой цифровой системы по амплитудно-фазовому годографу разомкнутой системы
    - в) устойчивость разомкнутой цифровой системы по амплитудно-фазовому годографу замкнутой системы
  13. Понятие наблюдаемости цифровой системы означает
    - а) возможность восстановления начального вектора состояния по измерениям выхода и входа
    - б) возможность изменения выхода путем изменения входа
    - в) возможность изменения выхода путем изменения вектора состояния
    - г) возможность измерения вектора состояния

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Понятие цифровой системы автоматики. Её место в иерархической структуре управления.
2. Алгебраический критерий устойчивости и критерий устойчивости Михайлова для цифровых систем.
3. Общая функциональная схема цифровых систем.
4. Критерий устойчивости Найквиста и построение АФЧХ.
5. АЦП: принцип действия, структурная схема.
6. Уравнения состояния цифровых систем с квантованием и фиксацией.
7. ЦАП: принцип действия, структурная схема.
8. Решение дискретных уравнений состояния. Переходная матрица и методы ее вычисления.
9. Математическое описание процесса квантования. Идеальный и реальный квантователь.

10. Связь уравнений состояния и передаточных функций.
11. Импульсная теорема Шеннона-Котельникова.
12. Понятие об управляемости и наблюдаемости цифровых систем.
13. Восстановление сигнала по дискретным выборкам.
14. Теоремы об управляемости и наблюдаемости цифровых систем.
15. Понятие об импульсных передаточных функциях линейных цифровых систем.
16. Метод дробного квантования.
17. Анализ установившихся ошибок в цифровых системах.
18. Модифицированное Z-преобразование.
19. Цифровое моделирование - модель с квантованием и фиксацией.
20. Метод графов в цифровых системах.
21. Цифровое моделирование с помощью Z -форм.
22. Диаграмма состояний. Декомпозиция цифровых систем.
23. Анализ установившихся ошибок в цифровых системах.
24. Реализация цифровых регуляторов в виде импульсных фильтров.
25. Влияние квантования по уровню в цифровых системах регулирования.

### **9.1.3. Темы лабораторных работ**

1. Получение и анализ уравнений состояния цифровой системы автоматического управления.
2. Исследование цифровых моделей систем регулирования.
3. Синтез последовательного цифрового регулятора методом билинейного преобразования. Изучение устройства, свойств и методов синтеза цифровых ПИД-регуляторов.

### **9.2. Методические рекомендации**

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

- если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

- осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### **9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся                         | Виды дополнительных оценочных материалов  | Формы контроля и оценки результатов обучения   |
|---|---|--|
| С нарушениями слуха                           | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы                        | Преимущественно письменная проверка  |
| С нарушениями зрения                          | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам   | Преимущественно устная проверка (индивидуально)  |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата   | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами  |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы         | Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

#### 9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.



## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КСУП  
протокол № 8 от « 3 » 2 2023 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                           | Инициалы, фамилия | Подпись  |
|-------------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. КСУП    | Ю.А. Шурыгин      | Согласовано,<br>86bee96a-108e-4833-<br>aead-5229de651610 |
| Заведующий обеспечивающей каф. КСУП | Ю.А. Шурыгин      | Согласовано,<br>86bee96a-108e-4833-<br>aead-5229de651610 |
| И.О. начальника учебного управления | И.А. Лариошина    | Согласовано,<br>c3195437-a02f-4972-<br>a7c6-ab6ee1f21e73 |

### ЭКСПЕРТЫ:

|                   |                 |  |
|-------------------|-----------------|--|
| Доцент, каф. КСУП | Н.Ю. Хабибулина | Согласовано,<br>127794aa-ac54-4444-<br>9122-130bd40d9285 |
| Доцент, каф. КСУП | Т.Е. Григорьева | Согласовано,<br>d848614c-1d2f-4e32-<br>b86c-1029abc0b2d5 |

### РАЗРАБОТАНО:

|                   |             |  |
|-------------------|-------------|--|
| Доцент, каф. КСУП | А.Г. Карпов | Разработано,<br>4d3b3f5c-1bce-439e-<br>b453-c796857ed71b |
|-------------------|-------------|--|