

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

<b>Код модуля</b>	<b>Модуль</b>
1149853	Системы автоматического управления

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Управление в технических системах	<b>Код ОП</b> 1. 27.03.04/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Управление в технических системах	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 27.03.04

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Кумков Сергей Иванович	кандидат технических наук, старший научный сотрудник	Доцент	Департамент информационных технологий и автоматики
2	Страшинин Евгений Эрастович	кандидат технических наук, доцент	Профессор	Департамент информационных технологий и автоматики
3	Цветков Александр Владимирович	кандидат технических наук, доцент	Профессор	Школа бакалавриата
4	Юрлова Алиса Алексеевна	без ученой степени, без ученого звания	Ассистент	Департамент информационных технологий и автоматики

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Системы автоматического управления

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Содержание модуля позволяет изучить: методы описания и анализа сигналов, передающих информацию о поведении систем управления; теорию и методы автоматического управления техническими системами; технологию анализа и синтеза систем управления технологическими процессами с применением современных инструментальных средств. Изучение дисциплин модуля позволяет приобрести навыки разработки алгоритмов управления для систем автоматического управления технологическими процессами. В модуль входят дисциплины: «Основы теории сигналов», «Линейные непрерывные системы управления», «Нелинейные и цифровые системы управления», «Локальные регуляторы».

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Основы теории сигналов	3
2	Линейные непрерывные системы управления	6
3	Нелинейные и цифровые системы управления	3
4	Локальные регуляторы	3
ИТОГО по модулю:		15

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

<b>Пререквизиты модуля</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Научно-фундаментальные основы профессиональной деятельности</li><li>2. Высшая математика для профессиональной деятельности</li><li>3. Высшая математика в системах управления</li><li>4. Программно-инструментальные средства разработчика систем управления</li></ol>
<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Схемотехнические решения систем управления</li><li>2. Электромеханика систем управления</li><li>3. Автоматизированные и управляющие системы</li><li>4. Моделирование управляющих систем</li></ol>

#### 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Линейные непрерывные системы управления	ПК-1 - Способен осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования систем и средств автоматизации технологических процессов	<p>З-1 - Перечислить требования частного технического задания на проведение предпроектного обследования объекта автоматизации к составу и содержанию отчета о проведенном обследовании с целью определения полноты данных для его составления</p> <p>У-1 - Выполнять расчеты для составления отчета о предпроектном обследовании объекта автоматизации</p> <p>П-1 - Сделать выводы по результатам предпроектного обследования объекта автоматизации</p> <p>П-2 - Подготовить отчет о выполненном обследовании объекта автоматизации</p>
	ПК-3 - Способен производить расчеты и проектировать отдельные блоки и устройства, рассчитывать алгоритмы управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления технологическими процессами в соответствии с техническим заданием	<p>З-1 - Изложить принципы построения систем автоматизированного и автоматического управления сложными технологическими процессами различной природы</p> <p>З-6 - Воспроизвести основные положения теории автоматического управления</p> <p>З-7 - Классифицировать математическое описание систем автоматического управления</p> <p>У-5 - Составлять математическое описание объектов различной физической природы</p> <p>У-6 - Составлять алгоритмы работы конкретных регуляторов и реализовать их аппаратным или программным способом</p> <p>П-5 - Иметь практический опыт получения математического описания объектов управления</p>

		<p>П-6 - Владеть навыками расчета параметров законов регулирования с использованием современных инструментальных средств</p>
	<p>ПК-6 - Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности</p>	<p>З-2 - Перечислить источники профессиональных знаний предметной области</p> <p>З-3 - Изложить методы поиска профессиональной технической информации</p> <p>У-1 - Выбирать и анализировать техническую документацию по использованию методов и средств решения задач управления в технических системах</p> <p>У-2 - Осваивать новые методики решения задач управления в технических системах</p> <p>П-2 - Иметь практический опыт использования новых методик анализа и проектирования систем управления техническими системами</p>
Локальные регуляторы	<p>ОПК-6 - Способен выполнять настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p>	<p>З-1 - Перечислить основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>У-1 - Регулировать основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>П-1 - Проводить организацию настройки и настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p>
	<p>ПК-3 - Способен производить расчеты и проектировать отдельные блоки и устройства, рассчитывать алгоритмы управления, выбирать стандартные средства автоматики,</p>	<p>З-1 - Изложить принципы построения систем автоматизированного и автоматического управления сложными технологическими процессами различной природы</p> <p>З-3 - Привести примеры типовых проектных решений по простым узлам, блокам автоматизированных систем управления</p>

	<p>измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления технологическими процессами в соответствии с техническим заданием</p>	<p>технологическими процессами, аналогичные подлежащим разработке</p> <p>У-4 - Выбирать способы и средства регулирования технологических факторов сложных технологических процессов различной природы</p> <p>У-6 - Составлять алгоритмы работы конкретных регуляторов и реализовать их аппаратным или программным способом</p> <p>П-1 - Выполнять разработку проектных решений отдельных частей автоматизированной системы управления технологическими процессами</p> <p>П-6 - Владеть навыками расчета параметров законов регулирования с использованием современных инструментальных средств</p>
	<p>ПК-6 - Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности</p>	<p>З-2 - Перечислить источники профессиональных знаний предметной области</p> <p>У-2 - Осваивать новые методики решения задач управления в технических системах</p> <p>П-2 - Иметь практический опыт использования новых методик анализа и проектирования систем управления техническими системами</p>
<p>Нелинейные и цифровые системы управления</p>	<p>ПК-1 - Способен осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования систем и средств автоматизации технологических процессов</p>	<p>З-1 - Перечислить требования частного технического задания на проведение предпроектного обследования объекта автоматизации к составу и содержанию отчета о проведенном обследовании с целью определения полноты данных для его составления</p> <p>У-1 - Выполнять расчеты для составления отчета о предпроектном обследовании объекта автоматизации</p> <p>П-1 - Сделать выводы по результатам предпроектного обследования объекта автоматизации</p> <p>П-2 - Подготовить отчет о выполненном обследовании объекта автоматизации</p>
	<p>ПК-3 - Способен производить расчеты и проектировать</p>	<p>З-1 - Изложить принципы построения систем автоматизированного и автоматического управления сложными</p>

	<p>отдельные блоки и устройства, рассчитывать алгоритмы управления, выбирать стандартные средства автоматизации, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления технологическими процессами в соответствии с техническим заданием</p>	<p>технологическими процессами различной природы</p> <p>З-6 - Воспроизвести основные положения теории автоматического управления</p> <p>З-7 - Классифицировать математическое описание систем автоматического управления</p> <p>У-5 - Составлять математическое описание объектов различной физической природы</p> <p>П-3 - Иметь практический опыт разработки и реализации алгоритмов управления для систем автоматизированного и автоматического управления сложными технологическими процессами различной природы</p> <p>П-5 - Иметь практический опыт получения математического описания объектов управления</p> <p>П-6 - Владеть навыками расчета параметров законов регулирования с использованием современных инструментальных средств</p>
	<p>ПК-6 - Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности</p>	<p>З-2 - Перечислить источники профессиональных знаний предметной области</p> <p>З-3 - Изложить методы поиска профессиональной технической информации</p> <p>У-1 - Выбирать и анализировать техническую документацию по использованию методов и средств решения задач управления в технических системах</p> <p>У-2 - Осваивать новые методики решения задач управления в технических системах</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт поиска необходимой научно-технической информации</p> <p>П-2 - Иметь практический опыт использования новых методик анализа и проектирования систем управления техническими системами</p>
<p>Основы теории сигналов</p>	<p>ОПК-2 - Способен формализовывать и решать задачи,</p>	<p>З-1 - Привести примеры использования методов моделирования и математического</p>

	<p>относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа.</p>	<p>анализа в решении задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Обоснованно выбрать возможные методы моделирования и математического анализа для предложенных задач профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Решать поставленные задачи, относящиеся к области профессиональной деятельности, используя освоенные за время обучения пакеты прикладных программ для моделирования и математического анализа</p> <p>Д-1 - Способность к самообразованию, к самостоятельному освоению новых методов математического анализа и моделирования</p>
--	---	---

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Основы теории сигналов**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Кумков Сергей Иванович	кандидат технических наук, старший научный сотрудник	Доцент	Департамент информационных технологий и автоматики
2	Цветков Александр Владимирович	кандидат технических наук, доцент	Профессор	Школа бакалавриата

**Рекомендовано учебно-методическим советом института** Радиозлектроники и информационных технологий - РТФ

Протокол № 7 от 11.10.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Кумков Сергей Иванович, Доцент, Департамент информационных технологий и автоматике
- Цветков Александр Владимирович, Профессор, Школа бакалавриата

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Система автоматического управления и сигналы в ней. Схема и состав САУ с ЦВМ. Структура САУ с однопроцессорной и многопроцессорной ЦВМ. Основные звенья САУ, их назначение. Сигналы в системе управления и в ее звеньях. Физические и информационные процессы. Примеры звеньев и сигналов процессов в них.
P2	Виды и типы сигналов и методы их описания	Типы сигналов в системе автоматического управления. Сигналы непрерывного и дискретного времени; сигналы с непрерывными и дискретными областями значений. Детерминированные и случайные сигналы. Табличный метод описания сигналов, интерполяция, сглаживание. Аналитические методы описания сигналов. Функциональное описание. Описание на основе систем дифференциальных уравнений. Спектральный метод. Операторный метод описания. Описание и моделирование случайных сигналов, величины (параметры) и их характеристики, случайные сигналы и их характеристики, случайного сигнала в виде ансамбля реализаций, представление стационарного случайного сигнала в виде одной длительной реализации и определение его характеристик по одной его реализации. Стандартные датчики случайных чисел и процедуры работы с ними. Моделирование случайных величин с нужными физическими характеристиками. Моделирование случайных

		событий; сбоев, пропадания сигналов, нарушения работы звеньев САУ. Метод статистических испытаний и его применение для нахождения оценок качества управления.
<b>P3</b>	Задачи, решаемые в системе управления	Общие сведения о задачах, решаемых в системе управления. Прием и обработка информации. Расчет программных сигналов. Расчет текущих ошибок управления. Алгоритмы управления. Критерии управления. Расчет управляющих сигналов. Выдача управляющих сигналов. Контроль функционирования САУ в целом и ее отдельных звеньев. Подготовка и выдача сигналов во внешние информационные системы. Примеры задач, решаемых в САУ
<b>P4</b>	Моделирование сигналов в звеньях САУ	Математическое моделирование. Сигналы в звене САУ: входной сигнал и его преобразование, ошибки преобразования, информационные и физические возмущения, выходной сигнал. Модели типовых звеньев САУ: датчик информации, аналого-цифровой преобразователь, вычислитель системы управления, алгоритмы обработки входной информации (классические методы и метод информационных множеств), алгоритмы выработки управляющих сигналов, выходные преобразователи управляющих сигналов, исполнительные органы и процессы в них, управляемый объект и процессы в нем, внешние воздействия на управляемый объект и физические возмущения.
<b>P5</b>	Спектральный анализ периодических сигналов в САУ	Основная идея спектрального представления процесса; спектральное разложение и обратное представление процесса. Скалярное произведение в векторном и функциональном пространстве. Ортонормированные системы функций. Базисы функций и их свойства. Базис гармонических функций и его свойства. Ряд Фурье. Спектр периодического сигнала в гармоническом базисе. Физический смысл спектра сигнала в гармоническом базисе. Формула спектрального разложения, расчет коэффициентов разложения. Формула обратного представления. Базис комплексных экспонент. Комплексный ряд Фурье. Энергетические характеристики процесса, рассчитываемые по его спектру. Спектральные характеристики типовых периодических сигналов. Методы модуляции и спектры модулированных сигналов. Критерии и методы приближенного представления сигнала по его спектральным составляющим. Представление сигнала непрерывного времени набором дискретных отсчетов. Обоснование частоты дискретизации на основе теоремы Котельникова. Спектр периодического дискретного сигнала, заданного на конечном множестве точек. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и его свойства. Обратное ДПФ.
<b>P6</b>	Спектральный анализ неперiodических сигналов в САУ	Примеры неперiodических сигналов. Прямое и обратное интегральное преобразование Фурье. Свойства интегрального преобразования Фурье. Физический смысл спектрального представления неперiodического сигнала. Спектр плотности амплитуд и спектр плотности фаз. Энергетические характеристики неперiodического сигнала, рассчитываемые по его спектральной характеристике. Спектральные характеристики типовых неперiodических сигналов. Критерии и методы приближенного представления неперiodического сигнала по его спектральному описанию. Спектральная

		плотность мощности стационарного случайного сигнала и ее свойства. Типовые случайные сигналы, их корреляционные функции и спектральные плотности. Связь спектров непрерывного и квантованного по времени процессов.
<b>Р7</b>	Спектральные характеристик звеньев САУ и прохождение сигналов через линейные и нелинейные звенья	Линейные звенья, примеры. Комплексная передаточная частотная функция линейного звена. Амплитудная и фазовая частотные характеристики. Прохождение периодических и непериодических сигналов через линейные звенья, описание с помощью частотных методов. Временные характеристики линейных звеньев. Переходная характеристика линейного звена. Интеграл Дюамеля. Описание линейных звеньев с помощью систем дифференциальных уравнений. Операторная характеристика звена. Операторный метод описания сигнала и его прохождения через линейное звено. Примеры нелинейных звеньев. Прохождение сигналов через нелинейное звено, преобразование спектра сигнала, примеры. Прохождение случайного сигнала через линейное динамическое звено. Связь между корреляционной функцией и спектральной плотностью мощности на входе и выходе звена. Прохождение случайного сигнала через идеальный фильтр нижних частот.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология образования в сотрудничестве	ОПК-2 - Способен формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа.	Д-1 - Способность к самообразованию, к самостоятельному освоению новых методов математического анализа и моделирования

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основы теории сигналов

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Яковлев, А. Н.; Основы теории сигналов в примерах, упражнениях и заданиях : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2012; <http://www.iprbookshop.ru/45128.html> (Электронное издание)
2. Пашинцев, В. П., Ляхов, А. В.; Математические методы теории сигналов : практикум.; Северо-

Кавказский федеральный университет, Ставрополь; 2015; <http://www.iprbookshop.ru/62955.html> (Электронное издание)

### **Печатные издания**

1. Баскаков, С. И.; Радиотехнические цепи и сигналы : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Радиотехника".; Высшая школа, Москва; 2005 (2 экз.)
2. Баскаков, С. И.; Радиотехнические цепи и сигналы : Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Радиотехника".; Высшая школа, Москва; 2003 (27 экз.)
3. , Солонина, А. И., Улахович, Д. А., Арбузов, С. М., Соловьева, Е. Б.; Основы цифровой обработки сигналов. [Курс лекций] : учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению подгот. дипломир. специалистов 654400 "Телекоммуникации".; БХВ-Петербург, Санкт-Петербург; 2005 (45 экз.)
4. Кузякин, В. И., Лисиенко, В. Г., Крюченков, Ю. В.; Основы теории и проектирования измерительных информационных технологий и систем; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2002 (5 экз.)
5. , Кумаков, С. И., Поляков, Б. Т.; Прикладной интервальный анализ. С примерами по оцениванию параметров и состояний, робастному управлению и робототехнике; Ин-т компьютер. исслед., Москва; 2005 (1 экз.)
6. Вентцель, Е. С.; Теория вероятностей : учебник для вузов.; Высшая школа, Москва; 2002 (1 экз.)
7. Вентцель, Е.С.; Теория вероятностей : избран. гл. высш. математики для инженеров и студентов вузов : задачи и упражнения.; Наука, Москва; 1973 (33 экз.)
8. Бронштейн, И.Н.; Справочник по математике : для инженеров и учащихся втузов.; Наука, Москва; 1986 (34 экз.)
9. Сергиенко, А. Б.; Цифровая обработка сигналов : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломир. специалистов "Информатика и вычисл. техника".; Питер, Москва ; СПб. ; Нижний Новгород [и др.]; 2005 (2 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

1.ЭБС "Лань" <http://e.lanbook.com/>

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

Базы данных и информационные ресурсы ФГУ ФИПС: <http://www.fips.ru/>

База данных ВИНИТИ РАН:  
[http://www2.viniti.ru/index.php?option=com\\_content&task=category&sectionid=5&id=82&Itemid=68](http://www2.viniti.ru/index.php?option=com_content&task=category&sectionid=5&id=82&Itemid=68)

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Основы теории сигналов

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Matlab+Simulink

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Линейные непрерывные системы**  
**управления**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Страшинин Евгений Эрастович	кандидат технических наук, доцент	Профессор	Департамент информационных технологий и автоматики
2	Цветков Александр Владимирович	кандидат технических наук, доцент	Профессор	Школа бакалавриата

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Радиоэлектроники и информационных технологий - РТФ**

Протокол № 7 от 11.10.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Страшинин Евгений Эрастович, Профессор, Департамент информационных технологий и автоматике
- Цветков Александр Владимирович, Профессор, Школа бакалавриата

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение в теорию автоматического управления	Краткий обзор истории развития науки об управлении. Введение в проблематику автоматических систем. Производственная техника и проблема управления. Техническое и общественное значение автоматизации. Управление и регулирование в технике, объекты и системы автоматического управления (САУ). Принципы построения САУ. Функциональное описание САУ и их элементов. Классификация САУ по назначению и принципам работы: системы стабилизации, программного управления, следящие системы; адаптивные системы. Основные понятия и задачи теории автоматического управления. Звенья и системы автоматического управления. Статические и астатические системы. Задачи и средства математического описания системы, целей управления и условий функционирования. Математическое моделирование как средство исследования САУ. Роль вычислительной техники. Основные задачи теории САУ, и роль математических методов в их решении. Дальнейшая классификация САУ по их свойствам и математическому описанию: обыкновенные системы и системы с распределёнными параметрами, непрерывные и дискретные, детерминированные и стохастические, линейные и нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. Роль линейных моделей в теории САУ.



P2	Математическое описание объектов управления	Понятие пространства состояний. Линеаризация исходных уравнений. Математическое описание объекта и способы его представления на конкретных примерах. Структура решений векторно-матричных дифференциальных уравнений. Однородные дифференциальные уравнения. Переходная матрица и ее свойства. Способы вычисления матрицы перехода. Формула Коши для решения неоднородного линейного дифференциального уравнения с постоянными параметрами. Собственные числа и характеристический полином матрицы. Левые и правые собственные векторы матриц. Аналитические функции от матриц.
P3	Свойства движений линейных систем	Матричные весовая и переходная функции. Определение элементов этих функций с помощью теоремы вычетов. Модальная (спектральная) интерпретация решений векторно-матричных дифференциальных уравнений.
P4	Модели стационарных линейных систем на основе преобразования Лапласа	Преобразование Лапласа. Матрица передаточных функций. Получение передаточных функций на основе дифференциальных уравнений. Получение передаточных функций на основе электрических схем. Получение передаточных функций на основе собственных чисел и собственных векторов для случая простых собственных чисел матрицы динамики. Основные свойства передаточных функций.
P5	Функциональные и структурные схемы систем управления	Типовые соединения звеньев линейных систем. Основные правила преобразования структурных схем. Представление структурных схем в виде направленных сигнальных графов и основные правила их преобразования.
P6	Комплексный передаточный коэффициент и частотные характеристики динамических звеньев и систем	Физическая и математические интерпретации понятия «Комплексный передаточный коэффициент». Виды частотных характеристик, способы их расчёта и построения.
P7	Типовые динамические звенья	Интегрирующее, инерционное, интегро-дифференцирующее, колебательное, неминимально-фазовые, неустойчивые звенья первого и второго порядка, звено транспортного запаздывания. Дифференциальные уравнения, передаточные функции, весовые и переходные функции, амплитудно-фазовые и логарифмические частотные характеристики
P8	Устойчивость систем управления	Понятие устойчивости. Необходимое условие устойчивости. Критерии устойчивости Гурвица. Критерий устойчивости Найквиста: основное доказательство критерия Найквиста; правило (формулировка) углов; правило (формулировка) переходов.  Запасы устойчивости. Устойчивость систем с запаздыванием. Определение критического времени запаздывания.
P9	Качество процессов в системах управления	Основные показатели качества. Работа систем управления в установившихся режимах. Статическая и кинетическая ошибка. Статические и астатические системы. Порядок астатизма системы. Составляющие ошибки, обусловленные

		командными сигналами и возмущениями. Точность при обработке гармонических сигналов. Связь между видом логарифмической амплитудно-частотной характеристики и качеством переходных процессов. Соотношение масштабов во временной и частотной областях.
<b>P10</b>	Синтез линейных непрерывных систем управления методом желаемых частотных характеристик	Примеры коррекции систем введением опережения и запаздывания по фазе. Пример синтеза передаточной функции корректирующего звена, обеспечивающего заданные требования к точности и динамике САУ.
<b>P11</b>	Основы модального синтеза управления	Управляемость и наблюдаемость линейных стационарных систем. Замена базиса в конечномерном линейном пространстве. Управляемое каноническое представление системы с одним входом. Обратная связь по состоянию, обеспечивающая заданное (желаемое) распределение собственных чисел матрицы динамики в замкнутой системе с одним входом.
<b>P12</b>	Основы построения идентификаторов состояния (наблюдателей)	Идентификационное каноническое представление системы с одним выходом. Основные исходные понятия задачи оценки координат векторов состояния. Наблюдатель Люенбергера полного порядка. Алгоритм вычисления матрицы Люенбергера. Наблюдатель минимального порядка. Динамика систем управления с Наблюдателем. Синтез реализуемого управления в системе с одним входом и одним выходом, обеспечивающего заданные динамические и статические свойства.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология образования в сотрудничестве	ПК-6 - Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности	З-2 - Перечислить источники профессиональных знаний предметной области

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Линейные непрерывные системы управления**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. ; Теория автоматического управления. Ч.1 : учебное пособие.; Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, Грозный; 2019; <http://www.iprbookshop.ru/109846.html> (Электронное издание)
2. Подчукаев, В. А.; Теория автоматического управления (аналитические методы). Учебник для вузов : учебник.; Физматлит, Москва; 2005; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76606> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Гайдук, А. Р.; Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в Matlab : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автоматизация технол. процессов и пр-в (энергетика)" (направление подгот. дипломир. специалистов "Автоматизир. технологии и пр-ва".; Лань, Санкт-Петербург; 2011 (21 экз.)
2. , Цветков, А. В.; Теория автоматического управления : учебник для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки 27.03.04 - Управление в технических системах.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2019 (15 экз.)
3. Страшинин, Е. Э., Астрецов, Д. В.; Основы теории автоматического управления : учеб. пособие. Ч. 1. Линейные непрерывные системы управления; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2000 (93 экз.)
4. Ерофеев, А. А.; Теория автоматического управления : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлениям "Автоматизация и упр.", "Систем. анализ и упр.".; Политехника, Санкт-Петербург; 2008 (5 экз.)
5. Ерофеев, А. А.; Теория автоматического управления : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям "Автоматизация и упр.", "Систем. анализ и упр.".; Политехника, Санкт-Петербург; 2005 (25 экз.)
6. Ерофеев, А. А.; Теория автоматического управления : Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям "Автоматизация и упр. ", "Системный анализ и упр. ".; Политехника, Санкт-Петербург; 2003 (23 экз.)
7. Юревич, Е. И., Е. И.; Теория автоматического управления : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Системный анализ и управление".; БХВ-Петербург, Санкт-Петербург; 2007 (50 экз.)
8. Страшинин, , Е. Э.; Исследование и синтез управления для системы связанных баков : лабораторный практикум.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/66528.html> (Электронное издание)
9. Зиновик, , А. Г., Страшинин, , Е. Э.; Исследование и синтез системы управления стенда «Тележка с подвижным маятником» : учебно-методическое пособие.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/68245.html> (Электронное издание)

#### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

ЭБС "Лань" <http://e.lanbook.com/>

#### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. База данных ВИНТИ РАН.

[http://www2.viniti.ru/index.php?option=com\\_content&task=category&sectionid=5&id=82&Itemid=68](http://www2.viniti.ru/index.php?option=com_content&task=category&sectionid=5&id=82&Itemid=68)

2. Базы данных и информационные ресурсы ФГУ ФИПС <http://www.fips.ru/>.

3. Уральское отделение РАН. Центральная научная библиотека.

<http://cnb.uran.ru/resource/katalog/>

4. Зональная научная библиотека УрФУ. <http://library.urfu.ru/search/j/>

5. Официальный сайт Института радиоэлектроники и информационных технологий: <http://rtf.urfu.ru/>

6. Федеральный портал. Российское образование <http://www.edu.ru/> ;

### **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **Линейные непрерывные системы управления**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Matlab+Simulink WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Matlab+Simulink Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc

		<p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
3	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Matlab+Simulink</p>

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Нелинейные и цифровые системы**  
**управления**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Страшинин Евгений Эрастович	кандидат технических наук, доцент	Профессор	Департамент информационных технологий и автоматики
2	Цветков Александр Владимирович	кандидат технических наук, доцент	Профессор	Школа бакалавриата

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Радиоэлектроники и информационных технологий - РТФ**

Протокол № 7 от 11.10.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Страшин Евгений Эрастович, Профессор, Департамент информационных технологий и автоматики
- Цветков Александр Владимирович, Профессор, Школа бакалавриата

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение в нелинейные и цифровые системы автоматического управления	Наличие нелинейных элементов в системах автоматического управления. Использование цифровых контроллеров в системах управления. Специфика цифровых систем управления.
P2	Основные понятия метода фазовой плоскости	Специфика нелинейных систем. Устойчивость нелинейных систем Фазовые портреты линейных систем второго порядка. Характерные свойства фазовых траекторий линейных звеньев. Зависимость фазовых траекторий от расположения корней характеристического уравнения. Состояние равновесия системы и особые точки на фазовой плоскости. Особые траектории. Колебания математического маятника при наличии вязкого трения. Фазовые портреты для линейных систем с передаточными функциями $W(p)=k/(p^{**2})$ , $W(p)/((Tp+1)*p)$ , . Кусочно-непрерывные и релейные САР. Метод многолистной фазовой плоскости. Система второго порядка с различными типами релейных звеньев. Скользящий режим на фазовой плоскости и во временном представлении. Его особенности и методы реализации. Системы с переменной структурой.

<b>P3</b>	Исследование нелинейных систем методом гармонического баланса	Построение областей устойчивости с использованием метода D-разбиения. Примеры. Метод гармонической линеаризации нелинейных звеньев. Эквивалентный комплексный передаточный коэффициент нелинейного звена, методы его расчёта, соответствующие характеристики для простейших нелинейностей. Примеры. Гипотеза фильтра. Определение параметров и устойчивости периодических режимов методом гармонического баланса. Режим вынужденных колебаний в нелинейных системах.
<b>P4</b>	Основы теории импульсных САУ	Основные исходные понятия. Определение импульсных систем. Типовая структура импульсной системы. Импульсные элементы. Математическое описание реального импульсного элемента. Формирующее звено и идеальный импульсный элемент. Примеры. Уравнения движения импульсных САУ. Конечные разности и уравнения в конечных разностях. Векторно-матричное представление разностных уравнений. Примеры. Дискретное преобразование Лапласа, Z-преобразование, их основные свойства. Передаточные функции импульсных систем. Связь между весовыми и передаточными функциями непрерывных и дискретных систем. Примеры на составление передаточных функций импульсных САУ по передаточным функциям их приведенных частей. Особенности структурных преобразований импульсных систем
<b>P5</b>	Амплитудно-фазовые характеристики импульсных систем (годографы Z - преобразований)	Амплитудно-фазовые характеристики импульсных систем. Примеры. Основные особенности частотных характеристик импульсной системы. Расчет частотных характеристик на основании частотной характеристики приведенной непрерывной части. Преобразование спектров сигналов импульсным элементом. Теорема Котельникова в трактовке теории импульсных САУ
<b>P6</b>	Устойчивость и качество импульсных систем	Решение разностных уравнений. Характеристический полином импульсной системы. Исследование устойчивости импульсной системы по корням характеристического уравнения. Примеры. Частотный критерий устойчивости импульсных систем. Логарифмические характеристики импульсных систем. Билинейное преобразование. Примеры. Соотношение между плоскостями комплексных переменных $p$ , $z$ . Коррекция импульсных систем с использованием псевдо-частотных логарифмических асимптотических характеристик. Системы с конечной памятью. Синтез импульсных систем с минимальной длительностью переходных процессов.
<b>P7</b>	Векторно-матричное описание непрерывных объектов с дискретным управлением	Разностные уравнения в векторно-матричной форме. Системы с цифро-аналоговым преобразователем нулевого порядка. ЦАП нулевого порядка с задержкой в выдаче управления относительно моментов измерения. Импульсные системы с кратными частотами прерываний. Передаточная функция импульсной системы в векторно-матричной форме. Идеология модального синтеза импульсных систем.



Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология образования в сотрудничестве Технология самостоятельной работы	ПК-3 - Способен производить расчеты и проектировать отдельные блоки и устройства, рассчитывать алгоритмы управления, выбирать стандартные средства автоматизации, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления технологическими процессами в соответствии с техническим заданием	З-1 - Изложить принципы построения систем автоматизированного и автоматического управления сложными технологическими процессами различной природы

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Нелинейные и цифровые системы управления

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Страшинин, Е. Э.; Исследование и синтез управления для системы связанных баков : лабораторный практикум.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/66528.html> (Электронное издание)
2. Зиновик, А. Г., Страшинин, Е. Э.; Исследование и синтез системы управления стенда «Тележка с подвижным маятником» : учебно-методическое пособие.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/68245.html> (Электронное издание)
3. Панова, А. А., Астрецова, Д. В.; Исследование и синтез системы управления стендом «Шар на плате» : лабораторный практикум.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2017; <http://www.iprbookshop.ru/107040.html> (Электронное издание)
4. Карпов, А. Г.; Цифровые системы автоматического регулирования : учебное пособие.; ТУСУР, Томск; 2015; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480640> (Электронное издание)

5. Карпов, А. Г.; Математические основы теории систем : учебное пособие.; ТУСУР, Томск; 2016; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480811> (Электронное издание)
6. Карпов, А. Г.; Математические основы теории систем : учебное пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2016; <http://www.iprbookshop.ru/72123.html> (Электронное издание)
7. Муромцев, Д. Ю.; Анализ и синтез дискретных систем : учебное пособие.; Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), Тамбов; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277910> (Электронное издание)
8. Коновалов, Б. И.; Теория автоматического управления : учебное методическое пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2010; <http://www.iprbookshop.ru/13869.html> (Электронное издание)
9. Коновалов, Б. И.; Теория автоматического управления : учебное пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208587> (Электронное издание)

### **Печатные издания**

1. Страшинин, Е. Э., Астрецов, Д. В.; Основы теории автоматического управления : учеб. пособие. Ч. 1. Линейные непрерывные системы управления; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2000 (93 экз.)
2. Цветков, А. В.; Теория автоматического управления : учебник для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки 27.03.04 - Управление в технических системах.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2019 (15 экз.)
3. Юревич, Е. И., Е. И.; Теория автоматического управления : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Системный анализ и управление".; БХВ-Петербург, Санкт-Петербург; 2007 (50 экз.)
4. Ерофеев, А. А.; Теория автоматического управления : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлениям "Автоматизация и упр.", "Систем. анализ и упр.".; Политехника, Санкт-Петербург; 2008 (5 экз.)
5. Ерофеев, А. А.; Теория автоматического управления : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям "Автоматизация и упр.", "Систем. анализ и упр.".; Политехника, Санкт-Петербург; 2005 (25 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

ЭБС "Лань" <http://e.lanbook.com/>

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. База данных ВИНТИ РАН.

[http://www2.viniti.ru/index.php?option=com\\_content&task=category&sectionid=5&id=82&Itemid=68](http://www2.viniti.ru/index.php?option=com_content&task=category&sectionid=5&id=82&Itemid=68)

2. Базы данных и информационные ресурсы ФГУ ФИПС <http://www.fips.ru/>.

3. Уральское отделение РАН. Центральная научная библиотека.

<http://cnb.uran.ru/resource/katalog/>

4. Зональная научная библиотека УрФУ. <http://library.urfu.ru/search/j/>

5. Официальный сайт Института радиоэлектроники и информационных технологий: <http://rtf.urfu.ru/>

6. Федеральный портал. Российское образование <http://www.edu.ru/> ;

7. Сайт кафедры «Автоматика» <http://www.auts.rtf.ustu.ru>.

8. Библиотечная информационная система <http://library.urfu.ru> .

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Нелинейные и цифровые системы управления

#### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Matlab+Simulink
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Matlab R2015a + Simulink
3	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc

		соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Matlab+Simulink
--	--	---	---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Локальные регуляторы**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Страшинин Евгений Эрастович	кандидат технических наук, доцент	Профессор	Департамент информационных технологий и автоматики
2	Цветков Александр Владимирович	кандидат технических наук, доцент	Профессор	Школа бакалавриата

**Рекомендовано учебно-методическим советом института** Радиозлектроники и информационных технологий - РТФ

Протокол № 7 от 11.10.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Страшин Евгений Эрастович, Профессор, Департамент информационных технологий и автоматики
- Цветков Александр Владимирович, Профессор, Школа бакалавриата

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Понятие о характерных Hard и Soft стандартных систем реализации цифровых и аналоговых алгоритмов управления.
P2	ПИД - регуляторы	Базовая структура ПИД- регулятора. Непрерывные и цифровые регуляторы. Реализация интегральной и дифференциальной составляющих цифровых ПИД- регуляторов. ПИД - регуляторы с использованием программной составляющей в формировании управляющего сигнала. Забросы интеграторов и меры по их исключению. ANTTI WINDUP. Расчёт и настройка параметров ПИД- регуляторов. Расчёт параметров ПИД- регуляторов с использованием методов модального синтеза. Искусственное введение интегратора при использовании модального синтеза для расчёта параметров ПИД- регулятора. Варианты структур ПИД- регуляторов. Достоинства структурной схемы ПИД- регулятора с ошибкой только в канале интегратора.
P3	ШИМ - конверторы	Исполнительные механизмы переменной и постоянной скорости. Базовая структура ШИМ - конвертера. Соотношение периода квантования основного регулятора и дискретности времени импульсов на выходе ШИМ - регуляторов.

<b>P4</b>	Регуляторы для объектов с существенным транспортным запаздыванием - Регулятор Смита	<p>Проблемы, возникающие при попытках использования ПИД-регуляторов с объектами, имеющими существенное транспортное запаздывание.</p> <p>Структура и принцип действия регулятора Смита. Оценка влияния неполного соответствия модели объекта реальному объекту. Проявление транспортной задержки в идеальном случае.</p> <p>Проиллюстрировать теоретические положения на примере регулятора Смита для объекта второго порядка.</p>
<b>P5</b>	Регуляторы с внутренней моделью	<p>Структура и принцип действия регулятора с внутренней моделью. Обратимая и необратимая части объекта.</p> <p>Регулятор уровня порошка в трубе обезвоздушивания барабанного пресса.</p>
<b>P6</b>	Регуляторы, приспособляющиеся к возмущениям	<p>Способы представления сигналов в САУ. Волновые модели возмущающих и командных сигналов. Правомерность и реализуемость восстановления переменных состояния волновых моделей сигналов с помощью наблюдателей Люенбергера.</p> <p>Структура системы управления при использовании волновых методов представления внешних сигналов. Комбинированный построитель состояния. Структура комбинированного построителя состояния. Наблюдатель командного сигнала. Построитель состояния волновой модели командного сигнала.</p> <p>Использование волновой модели командного сигнала для обеспечения астатических свойств системы по отношению к командному сигналу. Расчёт матрицы, формирующей командный сигнал в функции координат вектора состояния волновой модели командного сигнала.</p> <p>Приведение возмущающего воздействия к управляющему входу объекта (расчёт приведённого воздействия). Расчёт элементов матрицы, формирующей с помощью координат вектора состояния волновой модели возмущения парирование приведённого возмущения (на примере упрощенной модели маневренного самолёта).</p> <p>Способность регулятора с парированием возмущающих внешних воздействий приспособляться к изменению параметров объекта.</p>
<b>P7</b>	Организация режимов работы регуляторов в АСУТП	<p>Ручной, дистанционный и автоматический режимы работы. Меры по безопасности переключения режимов. Алгоритмы безударного переключения режимов. Задатчик интенсивности, его назначение, алгоритмы его функционирования.</p>

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология образования в сотрудничестве Технология самостоятельной работы	ПК-3 - Способен производить расчеты и проектировать отдельные блоки и устройства, рассчитывать алгоритмы управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления технологическими процессами в соответствии с техническим заданием	З-1 - Изложить принципы построения систем автоматизированного и автоматического управления сложными технологическими процессами различной природы

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Локальные регуляторы

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Страшинин, , Е. Э.; Исследование и синтез управления для системы связанных баков : лабораторный практикум.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/66528.html> (Электронное издание)
2. Зиновик, , А. Г., Страшинин, , Е. Э.; Исследование и синтез системы управления стенда «Тележка с подвижным маятником» : учебно-методическое пособие.; Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, Екатеринбург; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/68245.html> (Электронное издание)
3. Панова, , А. А., Астрецова, , Д. В.; Исследование и синтез системы управления стендом «Шар на плате» : лабораторный практикум.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2017; <http://www.iprbookshop.ru/107040.html> (Электронное издание)



## Печатные издания

1. Страшинин, Е. Э., Астрецов, Д. В.; Основы теории автоматического управления : учеб. пособие. Ч. 1. Линейные непрерывные системы управления; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2000 (93 экз.)
2. , Цветков, А. В.; Теория автоматического управления : учебник для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки 27.03.04 - Управление в технических системах.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2019 (15 экз.)

## Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

ЭБС "Лань" <http://www.tandfonline.com>

## Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

## Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. База данных ВИНТИ РАН.

[http://www2.viniti.ru/index.php?option=com\\_content&task=category&sectionid=5&id=82&Itemid=68](http://www2.viniti.ru/index.php?option=com_content&task=category&sectionid=5&id=82&Itemid=68)

2. Базы данных и информационные ресурсы ФГУ ФИПС <http://www.fips.ru/>.

3. Уральское отделение РАН. Центральная научная библиотека.

<http://cnb.uran.ru/resource/katalog/>

4. Зональная научная библиотека УрФУ. <http://library.urfu.ru/search/j/>

5. Официальный сайт Института радиоэлектроники и информационных технологий: <http://rtf.urfu.ru/>

6. Федеральный портал. Российское образование <http://www.edu.ru/> ;

7. Сайт кафедры «Автоматика» <http://www.auts.rtf.ustu.ru>.

8. Библиотечная информационная система <http://library.urfu.ru> .

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Локальные регуляторы

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc

		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Matlab+Simulink</p>
2	Лабораторные занятия	<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Matlab+Simulink</p>