

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОГЛАСОВАНО**

Заведующий кафедрой

Кафедра робототехники и  
технической кибернетики  
(РиТК\_ЭМФ)

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий ОП ВО

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой

Кафедра робототехники и  
технической кибернетики  
(РиТК\_ЭМФ)

наименование кафедры

**Сочнев А.Н.**

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

Дисциплина Б1.В.ДВ.09.02 Проектирование цифровых систем  
управления

Направление подготовки / 15.03.06 Мехатроника и робототехника  
специальность

Направленность  
(профиль)

Форма обучения

очная

Год набора

2018

Красноярск 2021

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по укрупненной группе

150000 «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

---

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

по направлению 15.03.06 Мехатроника и робототехника

---

Программу  
составили

канд.техн.наук, доцент, Смольников А.П.

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Приобретение знаний, умений и навыков, необходимых для инженерного проектирования современных систем управления в робототехнике и мехатронике.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Получение общекультурных и профессиональных компетенций, приведенных в пункте 1.3. К системам, которые используются для управления объектами робототехники, предъявляются высокие требования к качеству их работы. Поэтому в настоящее время в робототехнике и мехатронике широко применяются системы, регуляторы в которых выполнены на основе микро-ЭВМ. В процессе изучения дисциплины студенты должны изучить особенности математического описания, анализа и синтеза цифровых систем управления.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

<b>ОК-9:готовностью пользоваться основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий</b>	
Уровень 1	основные методы и средства защиты населения и персонала от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий;
Уровень 1	применять технические средства защиты от последствий аварий и поддерживать организационные мероприятия для уменьшения последствий от стихийных бедствий.
<b>ПК-1:способностью составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники</b>	
Уровень 1	Принципы построения современных систем автоматического управления (САУ); виды математических моделей, отражающих динамические свойства САУ; основы метода пространства состояний, методы синтеза модальных регуляторов и принципы их реализации на основе наблюдающих устройств; математические модели и их особенности для импульсных и цифровых САУ
Уровень 1	Построить математические модели системы автоматического управления в виде структурных схем и уравнений состояния

Уровень 1	Математическим аппаратом теории непрерывных и дискретных САУ,
<b>ПК-3: способностью разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводить их экспериментальное исследование с применением современных информационных технологий</b>	
Уровень 1	методы исследования устойчивости, анализа и синтеза линейных систем; основы метода пространства состояний, методы синтеза модальных регуляторов и принципы их реализации на основе наблюдающих устройств; математические модели и их особенности для импульсных и цифровых САУ;
Уровень 1	исследовать устойчивость САУ и провести анализ динамических свойств системы; выполнить синтез САУ на основе предъявляемых требований со стороны технологического процесса; выполнить синтез модальных регуляторов и наблюдателей для идентификации переменных состояния системы. Выполнить гармоническую линеаризацию для типовых нелинейных звеньев; применять методы исследования нелинейных систем (гармонической линеаризации и гармонического баланса) для анализа автоколебательных режимов; выбрать метод для анализа процессов в нелинейной САУ в зависимости от типа системы
Уровень 1	методами анализа устойчивости и точности непрерывных и дискретных САУ
<b>ПК-5: способностью проводить эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств</b>	
Уровень 1	методы исследования устойчивости, анализа и синтеза линейных систем; основы метода пространства состояний, методы синтеза модальных регуляторов и принципы их реализации на основе наблюдающих устройств; математические модели и их особенности для импульсных и цифровых САУ;
Уровень 1	использовать современную вычислительную технику и программные продукты для анализа и синтеза САУ;
Уровень 1	методами анализа устойчивости и точности непрерывных и дискретных САУ;
<b>ПК-6: способностью проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем</b>	
Уровень 1	Виды математических моделей, отражающих динамические свойства САУ, математические модели, применяемые для импульсных и цифровых САУ. Проблемно-ориентированные пакеты для анализа и синтеза систем автоматического управления и, в том числе, для цифровых систем управления Matlab, Matcad.
Уровень 1	Применять пакет Matlab для анализа и синтеза САУ. Основные подсистемы пакета Simulink, Control System и их применение для решения задач анализа и синтеза.
Уровень 1	Методами исследования и проектирования цифровых систем с помощью вычислительного эксперимента на основе пакета Matlab.

#### 1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Математика

Сопротивление материалов

Дискретная математика

Физика

Электротехника

Основы электротехники

Теоретическая механика

Теория автоматического управления

Основы программирования промышленных контроллеров

Управление мехатронными и робототехническими системами

Проектирование мехатронных и робототехнических систем

Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических систем

Основы адаптивных систем управления

Моделирование роботов и робототехнических систем

Математические основы кибернетики

Методы оптимизации и идентификации

Программирование промышленных контроллеров

#### 1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		7
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4 (144)</b>	<b>4 (144)</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>2 (72)</b>	<b>2 (72)</b>
занятия лекционного типа	0,5 (18)	0,5 (18)
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия		
практикумы		
лабораторные работы	1,5 (54)	1,5 (54)
другие виды контактной работы		
в том числе: групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иная внеаудиторная контактная работа:		
групповые занятия		
индивидуальные занятия		
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>2 (72)</b>	<b>2 (72)</b>
изучение теоретического курса (ТО)		
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)		
реферат, эссе (Р)		
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет
<b>Промежуточная аттестация (Зачёт)</b>		

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Математическое описание, анализ и синтез линейных импульсных систем	8	0	16	0	ОК-9 ПК-1 ПК-3 ПК-5 ПК-6
2	Цифровые САУ с микро-ЭВМ	10	0	38	72	ПК-1 ПК-3 ПК-5 ПК-6
Всего		18	0	54	72	

#### 3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Введение. Определение линейной импульсной САУ. Понятие об импульсных, цифровых и дискретных системах. Применение подобных систем в промышленных установках. Определение линейной импульсной САУ. Виды модуляции сигналов. Эквивалентная схема импульсной САУ.	2	0	0

2	1	<p>Математическое описание импульсных САУ. Спектры непрерывных и дискретных величин. Дискретное преобразование Лапласа и Фурье. Связь между частотными спектрами непрерывных и дискретных величин. Прохождение сигналов через импульсную систему. Теорема Котельникова.</p>	2	0	0
3	1	<p>Передаточные функции импульсных САУ. Передаточная функция и частотная передаточная функция разомкнутой импульсной системы. Определение передаточной функции разомкнутой системы по передаточной функции непрерывной части. Передаточные функции замкнутых систем.</p>	2	0	0



4	1	<p>Устойчивость импульсных САУ.          Коррекция импульсных систем.          Понятие об устойчивости.          Определение устойчивости по корням характеристического уравнения. Критерии устойчивости Гурвица, Ми-хайлова и Найквиста.          Способы коррекции.          Применение непрерывных и дискретных устройств для коррекции импульсных САУ.          Условия конечной длительности переходного процесса.          ЛЧХ импульсных САУ.          Синтез ИСАУ методом ЛЧХ.</p>	2	0	0
5	2	<p>Принципы построения и особенности цифровых САУ.          Функциональная схема цифровой САУ с микро-ЭВМ. Особенности цифровых САУ. Преобразование данных и квантование по уровню и времени.          Характеристики АЦП и ЦАП. Линеаризация характеристик АЦП и ЦАП.</p>	2	0	0

6	2	<p>Математическое описание цифровых САУ.</p> <p>Структурная схема цифровой САУ с учетом квантования по времени и уровню. Передаточная функция непрерывной части системы и передаточная функция микро-ЭВМ.</p> <p>Передаточные функции разомкнутой и замкнутой цифровых САУ.</p>	2	0	0
7	2	<p>Реализация на микроЭВМ цифровых алгоритмов управления.</p> <p>Дифференцирование цифровых последовательностей.</p> <p>Цифровые интеграторы.</p> <p>Обобщенная формула численного интегрирования.</p> <p>Компенсация ошибок.</p> <p>Дискретные регуляторы, их передаточные функции и разностные уравнения. Синтез дискретных регуляторов.</p>	2	0	0
8	2	<p>Выбор параметров цифровых регуляторов.</p> <p>Основные способы для определения параметров П, ПИ - и ПИД - регуляторов.</p> <p>Случай первый, когда период квантования по времени мал по сравнению с постоянными времени системы управления.</p> <p>Случай второй, когда период квантования по времени соизмерим с постоянными времени системы управления.</p>	2	0	0

9	2	Техническая реализация цифровых САУ. Типы применяемых микроЭВМ: универсальные, проблемно – ориентированные, специализированные. Технические характеристики ЦАП и АЦП. Промышленные контроллеры фирмы Siemens и их использование в цифровых системах управления.	2	0	0
Всего			18	0	0

### 3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Всего					

### 3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Ознакомление с системой Matlab	4	0	0
2	1	Исследование линейной импульсной системы	4	0	0
3	1	Исследование характеристик ПИД-регуляторов	4	0	0
4	1	Настройка параметров ПИД-регулятора на основе оптимизационного метода.	4	0	0
5	2	Исследование цифровых регуляторов на контроллере MC 2702.	4	0	0

6	2	Исследование цифровой САУ с регулятором, реализованным на контроллере MC 2702.	6	0	0
7	2	Исследование цифровой САУ с регулятором, реализованным на контроллере РЕМИКОНТ.	8	0	0
8	2	Изучение состава и программного обеспечения лабораторной установки с контроллером фирмы Siemens.	6	0	0
9	2	Исследование цифровых регуляторов, реализованных на контроллере фирмы Siemens.	4	0	0
10	2	Исследование цифровой САУ с регулятором, реализованным на контроллере фирмы Siemens.	6	0	0
11	2	Система регулирования потребления тепловой энергии на основе теплорегулятора РТ-12.	4	0	0
Итого			54	0	0

#### **4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Смольников А. П.	Теория автоматического управления. Линейные системы: учебное пособие	Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005

#### **5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

#### **6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год

Л1.1	Ощепков А. Ю.	Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB: учебное пособие	Санкт-Петербург: Лань, 2013
Л1.2	Первозванский А. А.	Курс теории автоматического управления: учебное пособие	Санкт-Петербург: Лань, 2015
Л1.3	Гайдук А. Р., Беляев В. Е., Пьявченко Т. А.	Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB: учебное пособие	Санкт-Петербург: Лань, 2016
<b>6.2. Дополнительная литература</b>			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Ким Д. П.	Теория автоматического управления: Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: учебник для студентов вузов	Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2007
Л2.2	Ким Д. П.	Теория автоматического управления: Т. 1. Линейные системы: учебник для студентов вузов	Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2007
<b>6.3. Методические разработки</b>			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Смольников А. П.	Теория автоматического управления. Линейные системы: учебное пособие	Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005
Л3.2	Смольников А. П., Ткачев Н. Н., Сочнев А. Н.	Теория автоматического управления: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины	Красноярск, 2007
Л3.3	Смольников А. П.	Теория автоматического управления: лабораторный практикум [для студентов напр. 221000.62 «Мехатроника и робототехника», 140605.65 «Электротехнологические установки и системы», 140101.65 «Тепловые электрические станции»]	Красноярск: СФУ, 2013

## **7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Э1	Сибирский федеральный университет	Режим доступа: <a href="http://www.sfu-kras.ru">www.sfu-kras.ru</a>
Э2	Учебно-исследовательская система инженерных и научных расчетов Matlab 8.0. Для работы требуется локальная сеть СФУ.	
Э3	Консультационный центр MATLAB.	Режим доступа: <a href="http://matlab.exponenta.ru/">http://matlab.exponenta.ru/</a>
Э4	Образовательный математический сайт Exponenta.ru. Раздел Matlab.	Режим доступа: <a href="http://www.exponenta.ru/soft/matlab/matlab.asp">http://www.exponenta.ru/soft/matlab/matlab.asp</a>
Э5	Пакеты программ для ПЭВМ для анализа и синтеза линейных, нелиней-	

## **8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

### **Теоретический материал**

Содержание модулей, разделов и тем теоретического курса изложено в программе дисциплины. Для изучения теоретического материала используются основные источники [Л1.1, Л1.2, Л1.3], а для изучения дополнительных вопросов, источники [Л2.1, Л2.2]. Теоретический материал изучается при выполнении лабораторных работ, курсовой работы, практических заданий и при подготовке к промежуточному тестированию.

### **Лабораторные работы**

Для выполнения лабораторных работ используется лабораторный практикум [Л3.2, 3.3].

Количество лабораторных работ равно 11, в соответствии с программой курса, и они отражают все разделы учебного курса. Работы выполняются на персональных ЭВМ, на основе наиболее совершенного для исследования автоматических систем программного продукта Matlab, а также на аналого-цифровых установках с применением микро-ЭВМ и действующей системе регулирования потребления тепловой энергии, включающей современное оборудование. Эта система обладает свойствами энергосбережения.

Самостоятельная работа предусматривает подготовку к выполнению и защите лабораторных работ. Задания на самостоятельную работу для изучения материала лабораторной работы выдаются преподавателем, который проводит занятия по лабораторным работам. Теоретический материал приведен в описаниях лабораторных работ [Л3.2, 3.3], конспекте лекций [Л3.1].

Для подготовки используются также учебная литература по рекомендации преподавателя. Объем подготовки составляет один час на одну лабораторную работу. Выполнение работ и защита проводятся в соответствии с графиком учебного процесса.

### **Формы контроля знаний**

В соответствии с программой дисциплины предусмотрены формы контроля, приведенные в пункте 5. По завершении изучения дисциплины студенты сдают зачет. Для текущего контроля знаний используются вопросы при защите лабораторных работ.

## **9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

### **9.1 Перечень необходимого программного обеспечения**

9.1.1	Учебно-исследовательская система инженерных и научных расчетов Matlab 8.0
9.1.2	Пакеты программ для ПЭВМ для анализа и синтеза линейных, нелинейных и взаимосвязанных САУ.

### **9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем**

9.2.1	Не требуются.
-------	---------------

## **10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Проведение занятий лекционного типа требует оснащение лекционного зала мультимедийным оборудованием (проектор, интерактивная доска) – ауд. Б-202.

Поведение лабораторных работ требует следующего оснащения: компьютерный класс, оснащенный компьютерами с необходимым программным обеспечением, приведенным в п. 9.1, и доступом в интернет;

учебная лаборатория «Автоматическое управление и приводная техника» - ауд.Б-202.