

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.Б.13 Теория автоматического управления

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

15.03.06 МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

Направленность (профиль)

15.03.06 МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

Форма обучения

очная

Год набора

2020

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили \_\_\_\_\_

канд.техн.наук, доцент, Смольников Алексей Петрович

должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Изучение принципов построения и методов проектирования современных систем управления в робототехнике и мехатронике.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Получение общекультурных и профессиональных компетенций, приведенных в пункте 1.3. Изучаются основные принципы построения, анализа и синтеза систем автоматического управления, независимо от их назначения и физической природы. В настоящее время автоматические системы широко применяются во всех сферах производства и быта и требования к ним постоянно возрастают. Поэтому такие системы особенно актуальны в объектах робототехники и мехатроники, к которым предъявляются высокие требования к качеству их работы.

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ОПК-2: владением физико-математическим аппаратом, необходимым для описания мехатронных и робототехнических систем</b>	
ОПК-2: владением физико-математическим аппаратом, необходимым для описания мехатронных и робототехнических систем	Построить математические модели системы автоматического управления в виде структурных схем и уравнений состояния
<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>	
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	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 Построить математические модели системы автоматического управления в виде структурных схем и уравнений состояния 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</b>	

<b>применением современных информационных технологий</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	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; 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 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>	
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	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 использовать современную вычислительную технику и программные продукты для анализа и синтеза САУ; методами анализа устойчивости и точности непрерывных и дискретных САУ;

#### **1.4 Особенности реализации дисциплины**

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется с применением ЭО и ДОТ

URL-адрес и название электронного обучающего курса: <https://e.sfu-kras.ru/course/view.php?id=28352>.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Сем естр	
		1	2
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>2,5 (90)</b>		
занятия лекционного типа	1 (36)		
лабораторные работы	1,5 (54)		
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>2,5 (90)</b>		
курсовое проектирование (КП)	Нет		
курсовая работа (КР)	Да		
<b>Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>		

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

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

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Основные термины и определения</b>									
	1. Введение. Предмет теории автоматического управления. Основные понятия и термины автоматического регулирования. Объекты управления и регулирования, регулируемые величины, регуляторы. Основные принципы управления.	2							
<b>2. Анализ и синтез линейных систем автоматического управления</b>									
	1. Типовые динамические звенья. Принцип расчленения САУ на элементы-звенья. Понятие о типовом динамическом звене. Безынерционное звено, апериодические звенья 1-го и 2-го порядков и колебательное звено. Дифференцирующие и интегрирующие звенья. Примеры, дифференциальные уравнения, переходные и передаточные функции, частотные характеристики типовых динамических звеньев.	2							

<p>2. Статические и динамические режимы САУ. Статические характеристики элементов, входящих в САУ и их линеаризация. Характеристики динамических систем. Передаточная функция. Временные характеристики: переходная и функция веса. Связь между этими функциями. Прямое и обратное преобразования Лапласа и Фурье. Частотные характеристики динамических систем и их построение.</p>	2							
<p>3. Структурные схемы систем автоматического управления. Условные изображения и обозначения, применяемые в структурных схемах. Правила преобразования структурных схем при различных соединениях звеньев. Структурные схемы и передаточные функции одноконтурных и многоконтурных замкнутых систем. Типовые передаточные функции САУ по возмущающему, задающему воздействиям и ошибке регулирования.</p>	2							
<p>4. Устойчивость линеаризованных САУ. Понятие об устойчивости линейных систем. Теоремы Ляпунова. Критерии устойчивости. Алгебраические критерии Рауса и Гурвица. Частотные критерии Михайлова и Найквиста. Определение устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам.</p>	2							

5. Построение переходного процесса в САУ. Качество процессов регулирования. Общая характеристика методов расчета. Аналоговое и цифровое моделирование САУ. Пакет программ Simulink для объектно-визуального моделирования систем. Показатели качества: время регулирования, перерегулирование, установившиеся рассогласование. Запас устойчивости.	1							
6. Синтез линейных систем управления. Синтез последовательных и параллельных корректирующих устройств методом ЛАХ. Построение желаемой логарифмической характеристики. Наиболее распространенные корректирующие звенья. Реализация корректирующих звеньев. Пассивные и активные четырехполюсники.	3							
7. Ознакомление с системой Matlab					2			
8. Временные характеристики динамических звеньев					4			
9. Частотные характеристики динамических звеньев					4			
10. Анализ устойчивости систем автоматического регулирования					4			
11. Исследование линейных звеньев и системы автоматического управления					4			
12. Исследование характеристик ПИД- регуляторов					2			
13. Настройка параметров ПИД-регулятора на основе оптимизационного метода					4			
<b>3. Математическое описание и синтез САУ в пространстве состояний</b>								



1. Математическое описание систем в форме уравнений состояния. Основные формы представления матричных уравнений. Составление уравнений состояния по структурной схеме и передаточной функции. Основные соотношения для уравнений состояния: характеристическое уравнение, матричная структурная схема, переход от уравнений состояния к передаточным функциям.	2							
2. Модальное управление. Управляемость и наблюдаемость САУ. Принципы построения модальных регуляторов. Определение коэффициентов обратных связей из условия получения желаемого характеристического полинома САУ.	2							
3. Идентификация переменных состояния САУ. Понятие о наблюдающих устройствах. Синтез наблюдателя полного порядка и редуцированного наблюдателя. Применение наблюдающих устройств для реализации модального управления. Особенности динамики системы, замкнутой через наблюдатель.	2							
4. Синтез и исследование системы управления с модальным регулятором					4			
5. Исследование системы управления с наблюдающим устройством					4			
6. Исследование систем с редуцированным наблюдающим устройством					4			
<b>4. Линейные импульсные системы</b>								

1. Определение линейной импульсной САУ. Определение линейной импульсной САУ. Виды модуляции сигналов. Эквивалентная схема импульсной САУ.	2							
2. Устойчивость импульсных САУ. Понятие об устойчивости. Определение устойчивости по корням характеристического уравнения. Критерии устойчивости Гурвица, Михайлова и Найквиста.	2							
3. Расчет переходных процессов САУ. Коррекция импульсных систем. Применение непрерывных и дискретных устройств для коррекции импульсных САУ. Условия конечной длительности переходного процесса.	2							
4. Исследование линейной импульсной системы					4			
5. Исследование цифровых регуляторов					4			
6. Исследование цифровой САУ					4			
<b>5. Нелинейные системы управления</b>								
1. Определение нелинейной системы. Особенности нелинейных систем. Типовые нелинейные звенья. Виды соединений и нейтрализации звеньев.	2							
2. Метод гармонической линеаризации нелинейностей. Коэффициенты гармонической линеаризации релейных звеньев. Метод гармонического баланса. Условие гармонического баланса. Графоаналитический метод определения параметров автоколебаний.	2							
3. Метод гармонического баланса. Условие гармонического баланса. Графоаналитический метод определения параметров автоколебаний.	2							

4. Метод Ляпунова (второй). Понятие о знакоопределенных, знакопостоянных и знакопеременных функциях. Функция Ляпунова и её производная по времени. Формулировка теоремы Ляпунова в векторно-матричной форме.	2							
5. Абсолютная устойчивость нелинейных САУ. Понятие абсолютной устойчивости. Частотный критерий абсолютной устойчивости В. М. Попова.	2							
6. Система регулирования потребления тепловой энергии на основе теплорегулятора РТ-12					2			
7. Исследование нелинейной системы методом гармонической линеаризации					4			
8. Самостоят. работа							54	
9. Выполнение курсовой работы							36	
10. Подготовка к зачету								
11. Подготовка к экзамену								
Всего	36				54		90	

## **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Ощепков А. Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB: учебное пособие(Санкт-Петербург: Лань).
2. Первозванский А. А. Курс теории автоматического управления: учебное пособие(Санкт-Петербург: Лань).
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).
4. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического управления: учеб. пособие(Санкт-Петербург: Профессия).
5. Ким Д. П. Теория автоматического управления: Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: учебник для студентов вузов(Москва: ФИЗМАТЛИТ).
6. Ким Д. П. Теория автоматического управления: Т. 1. Линейные системы: учебник для студентов вузов(Москва: ФИЗМАТЛИТ).
7. Босс В. Лекции по теории управления: Т. 1. Автоматическое регулирование(Москва: Либроком).
8. Смольников А. П. Теория автоматического управления. Линейные системы: учебное пособие(Красноярск: ИПЦ КГТУ).
9. Смольников А. П., Ткачев Н. Н., Сочнев А. Н. Теория автоматического управления: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины(Красноярск).
10. 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).

### **4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

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

### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Не требуются

## **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

## **6 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.

Проведение 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.