

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
ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ**

Дисциплина Б1.Б.13 Теория автоматического управления

Направление подготовки /
специальность 15.03.06 Мехатроника и робототехника

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 Алексей
Петрович

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

ОПК-2: владением физико-математическим аппаратом, необходимым для описания мехатронных и робототехнических систем	
Уровень 1	Построить математические модели системы автоматического управления в виде структурных схем и уравнений состояния
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	
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,
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	
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
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	
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;

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Математика
Сопротивление материалов
Дискретная математика
Физика
Электротехника
Основы электротехники
Теоретическая механика

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

Проектирование цифровых систем управления
Математические основы кибернетики
Методы оптимизации и идентификации

1.5 Особенности реализации дисциплины
Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется с применением ЭО и ДОТ
<https://i.sfu-kras.ru/workgroups/group/1430/>

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр	
		4	5
Общая трудоемкость дисциплины	6 (216)	3 (108)	3 (108)
Контактная работа с преподавателем:	2,5 (90)	1,5 (54)	1 (36)
занятия лекционного типа	1 (36)	0,5 (18)	0,5 (18)
занятия семинарского типа			
в том числе: семинары			
практические занятия			
практикумы			
лабораторные работы	1,5 (54)	1 (36)	0,5 (18)
другие виды контактной работы			
в том числе: групповые консультации			
индивидуальные консультации			
иная внеаудиторная контактная работа:			
групповые занятия			
индивидуальные занятия			
Самостоятельная работа обучающихся:	2,5 (90)	1,5 (54)	1 (36)
изучение теоретического курса (ТО)			
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)			
реферат, эссе (Р)			
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Да	Нет	Да
Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)	1 (36)		1 (36)

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	Основные термины и определения	2	0	0	0	ПК-1
2	Анализ и синтез линейных систем автоматического управления	12	0	24	0	ПК-1 ПК-3 ПК-5
3	Математическое описание и синтез САУ в пространстве состояний	6	0	12	0	ПК-1 ПК-3 ПК-5
4	Линейные импульсные системы	6	0	12	0	ПК-1 ПК-3 ПК-5
5	Нелинейные системы управления	10	0	6	90	ПК-1 ПК-3 ПК-5
Всего		36	0	54	90	

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. Предмет теории автоматического управления. Основные понятия и термины автоматического регулирования. Объекты управления и регулирования, регулируемые величины, регуляторы. Основные принципы управления.	2	0	0
2	2	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	0	0

3	2	<p>Статические и динамические режимы САУ.</p> <p>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	0	0
4	2	<p>Структурные схемы систем автоматического управления.</p> <p>Условные изображения и обозначения, применяемые в структурных схемах.</p> <p>Правила преобразования структурных схем при различных соединениях звеньев. Структурные схемы и передаточные функции одноконтурных и многоконтурных замкнутых систем.</p> <p>Типовые передаточные функции САУ по возмущающему, задающему воздействиям и ошибке регулирования.</p>	2	0	0

5	2	<p>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	0	0
6	2	<p>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.</p>	1	0	0

7	2	<p>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.</p>	3	0	0
8	3	<p>Математическое описание систем в форме уравнений состояния. Описание систем управления в переменных 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.</p>	2	0	0

9	3	<p>Модальное управление. Управляемость и наблюдаемость САУ</p> <p>Управляемость и наблюдаемость линейных САУ. Модальное управление. Принципы построения модальных регуляторов.</p> <p>Определение коэффициентов обратных связей из условия получения желаемого характеристического полинома САУ.</p>	2	0	0
10	3	<p>Идентификация переменных состояния САУ.</p> <p>Понятие о наблюдающих устройствах. Синтез наблюдателя полного порядка и редуцированного наблюдателя.</p> <p>Применение наблюдающих устройств для реализации модального управления.</p> <p>Особенности динамики системы, замкнутой через наблюдатель.</p>	2	0	0
11	4	<p>Определение линейной импульсной САУ. Определение линейной импульсной САУ. Виды модуляции сигналов.</p> <p>Эквивалентная схема импульсной САУ.</p>	2	0	0

12	4	Устойчивость импульсных САУ. Понятие об устойчивости. Определение устойчивости по корням характеристического уравнения. Критерии устойчивости Гурвица, Михайлова и Найквиста.	2	0	0
13	4	Расчет переходных процессов САУ. Коррекция импульсных систем. Методы расчета переходных процессов для импульсных САУ. Способы коррекции. Применение непрерывных и дискретных устройств для коррекции импульсных САУ. Условия конечной длительности переходного процесса. ЛЧХ импульсных САУ.	2	0	0

14	5	<p>Определение нелинейной системы. Нелинейные звенья и способы их соединения. Понятие о нелинейной САУ. Особенности нелинейных систем. Типовые нелинейные звенья. Виды соединений и нейтрализации звеньев.</p> <p>Определение нелинейной системы. Нелинейные звенья и способы их соединения. Понятие о нелинейной САУ. Особенности нелинейных систем. Типовые нелинейные звенья. Виды соединений и нейтрализации звеньев.</p>	2	0	0
15	5	<p>Методы исследования нелинейных САУ на основе принципа гармонической линеаризации. Метод гармонической линеаризации нелинейностей. Коэффициенты гармонической линеаризации релейных звеньев. Метод гармонического баланса. Условие гармонического баланса. Графоаналитический метод определения параметров автоколебаний.</p>	2	0	0

16	5	Метод гармонического баланса. Условие гармонического баланса. Графоаналитический метод определения параметров автоколебаний.	2	0	0
17	5	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	0	0
18	5	Абсолютная устойчивость нелинейных САУ. Понятие абсолютной устойчивости. Частотный критерий абсолютной устойчивости В. М. Попова.	2	0	0
Всего			26	0	0

3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в acad. 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 acad. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	2	Ознакомление с системой Matlab	2	0	0

2	2	Временные характеристики динамических звеньев	4	0	0
3	2	Частотные характеристики динамических звеньев	4	0	0
4	2	Анализ устойчивости систем автоматического регулирования	4	0	0
5	2	Исследование линейных звеньев и системы автоматического управления	4	0	0
6	2	Исследование характеристик ПИД-регуляторов	2	0	0
7	2	Настройка параметров ПИД-регулятора на основе оптимизационного метода	4	0	0
8	3	Синтез и исследование системы управления с модальным регулятором	4	0	0
9	3	Исследование системы управления с наблюдающим устройством	4	0	0
10	3	Исследование систем с редуцированным наблюдающим устройством	4	0	0
11	4	Исследование линейной импульсной системы	4	0	0
12	4	Исследование цифровых регуляторов	4	0	0
13	4	Исследование цифровой САУ	4	0	0
14	5	Система регулирования потребления тепловой энергии на основе теплорегулятора РТ-12	2	0	0
15	5	Исследование нелинейной системы методом гармонической линеаризации	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
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Бесекерский В. А., Попов Е. П.	Теория систем автоматического управления: учеб. пособие	Санкт-Петербург: Профессия, 2003
Л2.2	Ким Д. П.	Теория автоматического управления: Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: учебник для студентов вузов	Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2007
Л2.3	Ким Д. П.	Теория автоматического управления: Т. 1. Линейные системы: учебник для студентов вузов	Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2007
Л2.4	Босс В.	Лекции по теории управления: Т. 1. Автоматическое регулирование	Москва: Либроком, 2014
6.3. Методические разработки			
	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

ЛЗ.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: www.sfu-kras.ru
Э2	Учебно-исследовательская система инженерных и научных расчетов Matlab 8.0. Для работы требуется локальная сеть СФУ.	
Э3	Консультационный центр MATLAB.	Режим доступа: http://matlab.exponenta.ru/
Э4	Образовательный математический сайт Exponenta.ru. Раздел Matlab.	Режим доступа: http://www.exponenta.ru/soft/matlab/matlab.asp
Э5	Пакеты программ для ПЭВМ для анализа и синтеза линейных, нелинейных и взаимосвязанных САУ.	

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Методические указания для отдельных видов учебной работы дисциплины.

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, в том числе в рамках НИРС, источники [Л2.1, Л2.2]. Теоретический материал изучается при выполнении лабораторных работ, курсовой работы, практических заданий и при подготовке к промежуточному тестированию.

Курсовая работа

Для курсовой работы методические указания приведены в [ЛЗ.1, ЛЗ.2].

Требования к содержанию, оформлению пояснительной записки и примеры расчетов, и методические указания приведены в [ЛЗ.1, ЛЗ.2]. Защита курсовой работы проводится в соответствии с графиком

самостоятельной работы перед комиссией, которая назначается заведующим кафедрой.

Задания выдаются в первую неделю после начала семестра преподавателем, который ведет этот вид учебной работы.

Объем курсовой работы составляет 20-25 листов печатного текста.

Лабораторные работы

Для выполнения лабораторных работ используется лабораторный практикум [ЛЗ.3, ЛЗ.2].

Количество лабораторных работ равно 15, 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 [ЛЗ.3, ЛЗ.2], конспекте лекций [ЛЗ.2].

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 экзамен. Для текущего контроля знаний используются тестовые задания. Банк тестовых заданий содержит более 500 вопросов, которые отражают все разделы дисциплины. Студенты проходят тестирование после изучения каждого модуля дисциплины.

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.