

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

А.Н. Сочнев

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ
АВТОМАТИЧЕСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ**

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 Моделирование систем автоматического
управления

Направление подготовки / 15.04.06 Мехатроника и робототехника
специальность _____

Направленность
(профиль) _____

Форма обучения очная

Год набора 2020

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)

Направление 15.04.06 Мехатроника и робототехника

Программу
составили

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

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Формирование у магистров навыков для построения моделей объектов управления, планирования и организации эксперимента с использованием компьютерных технологий, использования пакетов прикладных программ для исследования и проектирования систем автоматического управления в робототехнике и мехатронике

1.2 Задачи изучения дисциплины

Математическое описание и моделирование систем автоматического управления в области автоматизации и роботизации производства; получение общекультурных и профессиональных компетенций

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

| | |
|--|---|
| ОПК-3: владением современными информационными технологиями, готовностью применять современные и специализированные средства автоматизированного проектирования и машинной графики при проектировании систем и их отдельных модулей, знать и соблюдать основные требования информационной безопасности | |
| Уровень 1 | основные динамические характеристики и их параметры; способы описания непрерывных и дискретных систем управления: метод переменных состояния, операторный коэффициент передачи, комплексные частотные характеристики; |
| Уровень 1 | применять пакет прикладных программ Control System Toolbox для анализа процессов в САУ; |
| Уровень 1 | методами моделирования непрерывных и дискретных САУ; методами моделирования робототехнических систем; |
| ПК-1: способностью составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули, с применением методов формальной логики, методов конечных автоматов, сетей Петри, методов искусственного интеллекта, нечеткой логики, генетических алгоритмов, искусственных нейронных и нейро-нечетких сетей | |
| Уровень 1 | задачи и метод моделирования, основные критерии подобия механики, термодинамики, гидродинамики и аэродинамики; |
| Уровень 1 | построить математическую модель электромеханической системы автоматического управления; |
| Уровень 1 | математическим аппаратом для описания робототехнических систем; методами синтеза САУ с помощью программных продуктов, методами идентификации; |

| | |
|---|--|
| ПК-2: способностью использовать имеющиеся программные пакеты и, при необходимости, разрабатывать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования | |
| Уровень 1 | структурные модели-аналоги и их реализация в среде Simulink-Matlab; пакеты Control System Toolbox, Nonlinear Control Design Optimization Toolbox; пакет прикладных программ SimPowerSystems; моделирование физических процессов в асинхронном двигателе (АД), двигателе постоянного тока и синхронном двигателе; |
| Уровень 1 | применять пакет прикладных программ Control System Toolbox для анализа процессов в САУ; применять пакет прикладных программ SimPowerSystems; моделировать процессы в электромеханических системах; |
| Уровень 1 | методами анализа устойчивости и точности дискретных САУ; |
| ПК-5: способностью разрабатывать методики проведения экспериментов и проводить эксперименты на действующих макетах и образцах мехатронных и робототехнических систем и их подсистем, обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств | |
| Уровень 1 | понятие структурной и параметрической идентификации систем в частотной и временной областях их описания; математические и компьютерные модели основных элементов автоматизированных электротехнических и энергетических комплексов; |
| Уровень 1 | основные вопросы идентификация систем управления; |
| Уровень 1 | методами синтеза САУ с помощью программных продуктов, методами идентификации; |
| ПК-6: готовностью к составлению аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам выполненной работы, в подготовке публикаций по результатам исследований и разработок | |
| Уровень 1 | структурные модели-аналоги и их реализация в среде Simulink-Matlab; моделирование физических процессов в асинхронном двигателе (АД), двигателе постоянного тока и синхронном двигателе; |
| Уровень 1 | моделировать процессы в электромеханических системах; |
| Уровень 1 | методами моделирования робототехнических систем |

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Моделирование систем автоматического управления

Математика, физика, теоретическая механика, теоретические основы электротехники, электротехника, теория автоматического управления;
электрические приводы мехатронных и робототехнических систем.

Управление робототехническими системами

Проектирование автоматизированных комплексов

Системы экстремального управления

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 |
|--|--|-----------------|
| | | 1 |
| Общая трудоемкость дисциплины | 5 (180) | 5 (180) |
| Контактная работа с преподавателем: | 1,5 (54) | 1,5 (54) |
| занятия лекционного типа | 0,5 (18) | 0,5 (18) |
| занятия семинарского типа | | |
| в том числе: семинары | | |
| практические занятия | | |
| практикумы | | |
| лабораторные работы | 1 (36) | 1 (36) |
| 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) | 2,5 (90) |
| изучение теоретического курса (ТО) | | |
| расчетно-графические задания, задачи (РГЗ) | | |
| реферат, эссе (Р) | | |
| курсовое проектирование (КП) | Нет | Нет |
| курсовая работа (КР) | Нет | Нет |
| Промежуточная аттестация (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 | Общие вопросы моделирования | 4 | 0 | 0 | 0 | ОПК-3 ПК-1 ПК-2 ПК-5 ПК-6 |
| 2 | Основные положения теории управления. Пакет прикладных программ Control System Toolbox | 6 | 0 | 10 | 0 | ОПК-3 ПК-1 ПК-2 ПК-5 ПК-6 |
| 3 | Основные вопросы идентификации систем управления. Пакет прикладных программ System Identification Toolbox | 4 | 0 | 8 | 0 | ОПК-3 ПК-1 ПК-2 ПК-5 ПК-6 |
| 4 | Математические и компьютерные модели основных элементов автоматизированных электротехнических и энергетических комплексов | 4 | 0 | 18 | 90 | ОПК-3 ПК-1 ПК-2 ПК-5 ПК-6 |

| | | | | | |
|-------|----|---|----|----|--|
| Всего | 18 | 0 | 36 | 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 | Понятие модели. Классификационные признаки. Задачи и методы моделирования. Принцип системного подхода. Виды подобия. Масштабы процессов и параметров систем. Константы, индикаторы, критерии подобия, критериальные зависимости. Способы получения критериев подобия: метод анализа размерностей, метод интегральных аналогов, метод нормализации уравнений. | 2 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | Основные критерии подобия механики, термодинамики, гидродинамики и аэродинамики. Критерии подобия электрических цепей и электромагнитных полей. Способы построения подобных и дуальных цепей. Структурные моделианалоги и их реализация в среде Simulink-MatLab. Электрические аналоги магнитных, тепловых, гидродинамических процессов. Примеры построения моделей объектов управления методом аналогий. | 2 | 0 | 0 |

| | | | | | |
|---|---|--|---|---|---|
| 3 | 2 | <p>Задачи, общие принципы и структура систем управления. Основные динамические характеристики и их параметры. Устойчивость, управляемость и наблюдаемость, многомерные системы. Способы описания непрерывных и дискретных систем управления: метод переменных состояния, операторный коэффициент передачи, комплексные частотные характеристики.</p> | 2 | 0 | 0 |
| 4 | 2 | <p>Инвариантность систем управления. Чувствительность. Типы регуляторов. Корректирующие устройства. Изучение свойств звеньев и структур различной топологии с помощью пакета Control System Toolbox. Настройка регуляторов. Нелинейные системы управления.</p> | 2 | 0 | 0 |
| 5 | 2 | <p>Пакет программ Nonlinear Control Design. Вопросы оптимизации систем управления. Пакет Optimization Toolbox. Современные методы управления. Пакеты программ Robust Control Toolbox, Model Predictive Control Toolbox.</p> | 2 | 0 | 0 |

| | | | | | |
|---|---|--|---|---|---|
| 6 | 3 | <p>Понятие структурной и параметрической идентификации.</p> <p>Типовые структуры систем с дискретным временем. Особенности идентификации систем в частотной и временной областях их описания.</p> | 2 | 0 | 0 |
| 7 | 3 | <p>Выбор идентифицирующих сигналов, способов оценивания и проверки адекватности модели.</p> <p>Построение модели временного ряда с помощью оценивания параметров моделей авторегрессии и авторегрессии скользящего среднего.</p> | 2 | 0 | 0 |

| | | | | | |
|---|---|--|---|---|---|
| 8 | 4 | <p>Структура пакета прикладных программ SimPowerSystems.</p> <p>Моделирование механических систем электропривода роботов.</p> <p>Математическое описание двухмассовой последовательной упругой механической части электропривода.</p> <p>Моделирование электромеханических преобразователей в электроприводе.</p> <p>Математическое описание физических процессов в двигателе постоянного тока независимого возбуждения ДПТ НВ.</p> <p>Полная и упрощенная структурные модели ДПТ НВ.</p> <p>Линеаризованная структурная схема двигателя при двухзонном регулировании.</p> | 2 | 0 | 0 |
|---|---|--|---|---|---|

| | | | | | |
|-------|---|--|----|---|---|
| 9 | 4 | <p>Моделирование физических процессов в асинхронном двигателе (АД). Структурная модель электромеханического преобразования в АД.</p> <p>Моделирование физических процессов в синхронном двигателе. Структурная модель синхронного двигателя.</p> <p>Моделирование регулируемых источников электрической энергии.</p> <p>Математические модели тиристорного преобразователя постоянного тока.</p> <p>Критерий выбора математической модели тиристорного преобразователя.</p> <p>Математические модели преобразователей частоты.</p> | 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 | 2 | Синтез и исследование системы управления с модальным регулятором. | 2 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | Исследование системы управления с наблюдающим устройством. | 2 | 0 | 0 |

| | | | | | |
|-------|---|---|----|---|---|
| 3 | 2 | Настройка параметров ПИД-регулятора на основе оптимизационного метода. | 2 | 0 | 0 |
| 4 | 2 | Исследование нелинейной системы методом гармонической линеаризации. | 2 | 0 | 0 |
| 5 | 2 | Исследование линейной импульсной системы | 2 | 0 | 0 |
| 6 | 3 | Идентификация параметров звеньев на основе временных рядов «вход-выход» | 4 | 0 | 0 |
| 7 | 3 | Методы идентификации технологических объектов в АСУ ТП. | 4 | 0 | 0 |
| 8 | 4 | Моделирование электромеханических преобразователей в электроприводе. Математическое описание физических процессов в двигателе постоянного тока независимого возбуждения ДПТ НВ. | 2 | 0 | 0 |
| 9 | 4 | Моделирование физических процессов в асинхронном двигателе (АД). Структурная модель электромеханического преобразования в АД. | 4 | 0 | 0 |
| 10 | 4 | Моделирование физических процессов в синхронном двигателе. Структурная модель синхронного двигателя. | 4 | 0 | 0 |
| 11 | 4 | Математические модели тиристорного преобразователя постоянного тока. | 4 | 0 | 0 |
| 12 | 4 | Математические модели преобразователей частоты. | 4 | 0 | 0 |
| Итого | | | 26 | 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 |
| Л1.2 | Смольников А. П., Ткачев Н. Н., Сочнев А. Н. | Теория автоматического управления: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины | Красноярск, 2007 |
| Л1.3 | 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 |

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 | Сухарев Э. А. | Методы моделирования и оптимизации механических систем машин и оборудования: учеб. пособие | Ровно: НУВХП, 2008 |
| Л1.2 | Павловский Ю. Н., Белотелов Н. В., Бродский Ю. И. | Имитационное моделирование: учеб. пособие для вузов | М.: Академия, 2008 |
| Л1.3 | Морозов В. К., Рогачев Г. Н. | Моделирование информационных и динамических систем: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению "Автоматизация и управление" | Москва: Академия, 2011 |
| Л1.4 | Советов Б. Я., Яковлев С. А. | Моделирование систем. Практикум: учебное пособие для студентов вузов (бакалавров), обучающихся по направлениям "Информатика и вычислительная техника" и "Информационные системы" | Москва: Юрайт, 2012 |

| | | | |
|--------------------------------|--|---|-----------------------------|
| Л1.5 | Первозванский А. А. | Курс теории автоматического управления: учебное пособие | Санкт-Петербург: Лань, 2015 |
| 6.2. Дополнительная литература | | | |
| | Авторы, составители | Заглавие | Издательство, год |
| Л2.1 | Ощепков А. Ю. | Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB: учебное пособие | Санкт-Петербург: Лань, 2013 |
| Л2.2 | 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 |
| Л2.3 | Советов Б.Я., Яковлев С.А. | Моделирование систем. Практикум: учеб. пособие для вузов | М.: Высшая школа, 2005 |
| 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 |
| 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 | www.sfu-kras.ru |
| Э2 | Консультационный центр MATLAB | http://matlab.exponenta.ru/ |
| Э3 | Образовательный математический сайт Exponenta.ru. Раздел Matlab | http://www.exponenta.ru/soft/matlab/matlab.asp |

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

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

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Методические указания для отдельных видов учебной работы дисциплины.

Лекционный материал синхронизирован с проведением лабораторных занятий по основным разделам дисциплины. При чтении лекций и проведении лабораторных занятий предусматривается использование мультимедийных средств и интерактивной доски.

Содержание модулей, разделов и тем теоретического курса изложено в программе дисциплины. Для изучения теоретического материала используются основные источники [1, 2, 3,4, 5, 6], а для изучения дополнительных вопросов, в том числе в рамках НИРС, источники [7, 8, 9, 10]. Теоретический материал изучается при выполнении лабораторных работ и их защите.

Для выполнения лабораторных работ используется лабораторный практикум [1] и описания лабораторных работ в электронной форме.

Число лабораторных работ равно 12, 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 и реальном современном оборудовании.

Самостоятельная работа студентов включает углубленное изучение основных разделов программы с использованием основной и дополнительной литературы, подготовку к лабораторным работам.

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 используются. |
|-------|------------------|

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.

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.