

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель ученого совета
факультета энергетики и систем управления

_____ А.В. Бурковский
(подпись)

«_____» _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Моделирование роботов и робототехнических систем

(наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: электропривода, автоматики и управления в технических системах

Направление подготовки (специальности):

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

(код, наименование)

Профиль: Электропривод и автоматика робототехнических систем

(название профиля по УП)

Часов по УП: 216; Часов по РПД: 216;

Часов по УП (без учета часов на экзамены): 180; Часов по РПД: 180;

Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по УП: 24

Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по РПД: 24

Часов на самостоятельную работу по УП: 96 (53 %);

Часов на самостоятельную работу по РПД: 96 (53 %)

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 6;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены - 8; Зачеты - 0; Курсовые проекты - 0; Курсовые работы - 0.

Форма обучения: очная;

Срок обучения: нормативный.

Распределение часов дисциплины по семестрам

Вид занятий	№ семестров, число учебных недель в семестрах	
	8 / 12	
	УП	РПД
Лекции	36	36
Лабораторные	24	24
Практические	24	24
Ауд. занятия	84	84
Сам. работа	96	96
Итого	180	180

Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 3 сентября 2015 г. № 955.

Программу составил: _____ к.т.н., Медведев В.А.
(подпись, ученая степень, ФИО)

Рецензент (ы): _____ к.т.н., Трубецкой В.А.

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электропривод и автоматика робототехнических систем».

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры электропривода, автоматике и управления в технических системах, протокол № _____ от _____ 2016 г.

Зав. кафедрой ЭАУТС _____ В.Л. Бурковский

Председатель МКНП _____ А.В. Тикунов

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Цель изучения дисциплины – обеспечение подготовки, позволяющей разрабатывать алгоритмы аналитического и имитационного моделирования роботов и РТС и реализовать их программно на цифровой вычислительной технике, а также формирование практических навыков использования методов анализа и моделирования электрических цепей, расчета режимов работы и параметров оборудования электромеханических комплексов.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	изучение динамических моделей манипулятора, исполнительных приводов и системы управления робота, используя методы анализа и моделирования электрических цепей;
1.2.2	освоение методов моделирования, основанных на применении цифровых вычислительных машин;
1.2.3	изучение аналитического и имитационного видов моделирования, реализации моделей средствами вычислительной техники;
1.2.4	ознакомление студентов с особенностями моделирования движения роботов и РТС в реальном времени на цифровых машинах.
1.2.5	освоение алгоритмов и программ моделирования динамики манипулятора, привода и робота на основе микропроцессорной техники;
1.2.6	приобретение навыков расчета параметров моделей систем управления роботов в соответствии с требуемыми режимами работы оборудования электромеханических комплексов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Цикл (раздел) ОПОП: Б1		код дисциплины в УП: Б1.В.ДВ.7.2
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося		
Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь подготовку по математике (ОПК-2), информатике (ОПК-1), физике (ОПК-2), теоретической механике (ОПК-2), основам вычислительной техники (ОПК-1), теоретическим основам электротехники (ОПК-3), программированию роботов и робототехнических систем (ОПК-1, ПВК-4); микроконтроллерной технике в робототехнических системах (ОПК-1, ПВК-4), информационным устройствам в робототехнике (ОПК-2, ПВК-4).		
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее		
Б2.П.2	Преддипломная практика	
Б3	Государственная итоговая аттестация	

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Код и наименование компетенции	
1	2
ОПК-3	способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей.
Знает: – динамические модели манипулятора, приводов и системы управления робота, применяя методы анализа и моделирования электрических цепей; Умеет: – разрабатывать модели исполнительных систем и систем управления роботов, используя методы анализа и моделирования электрических цепей;	

1	2
Владеет: – способностью практического использования методов анализа и моделирования электрических цепей при синтезе моделей систем управления роботов;	
ПВК-4	способность рассчитывать режимы работы и параметры оборудования электромеханических комплексов и электроэнергетических систем.
Знает: – режимы работы и параметры оборудования электромеханических комплексов; Умеет: – рассчитывать параметры моделей систем управления роботов в соответствии с требуемыми режимами работы оборудования электромеханических комплексов. Владеет: – навыками моделирования работы оборудования электромеханических комплексов в различных режимах.	

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	– динамические модели манипулятора, приводов и системы управления робота, применяя методы анализа и моделирования электрических цепей;
3.1.2	– режимы работы и параметры оборудования электромеханических комплексов;
3.2	Уметь:
3.2.1	– разрабатывать модели исполнительных систем и систем управления роботов, используя методы анализа и моделирования электрических цепей;
3.2.2	– рассчитывать параметры моделей систем управления роботов в соответствии с требуемыми режимами работы оборудования электромеханических комплексов.
3.3	Владеть:
3.3.1	– способностью практического использования методов анализа и моделирования электрических цепей при синтезе моделей систем управления роботов;
3.3.2	– навыками моделирования работы оборудования электромеханических комплексов в различных режимах.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Моделирование как способ исследования робототехнических систем	8	23-24	6	6	4	15	31
2	Динамические модели манипуляционных систем	8	25-27	8	4	6	23,5	41,5
3	Динамические модели исполнительных приводов и системы управления робота	8	28-29	8	6	8	21	43
4	Моделирование роботов и РТС на вычислительных машинах	8	30-31	6	8	2	15	31
5	Имитационное моделирование РТС с использованием системы GPSS	8	32-34	8	–	4	21,5	33,5
Итого				36	24	24	96	180

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
1	2	3	4
8 семестр		36	0
1. Моделирование как способ исследования робототехнических систем		6	0
23	Подходы к моделированию робототехнических систем Основные определения. Классический и системный подходы при моделировании, анализе и синтезе сложных систем. Характерные особенности робототехнических систем.	2	—
23	Классификация видов моделирования систем Детерминированное и стохастическое, статическое и динамическое, дискретное, непрерывное и дискретно-непрерывное виды моделирования. Аналитическое, имитационное и комбинированное моделирование.	2	—
24	Структурно-функциональное представление РТС Подсистемы РТС. Параметры подсистем и их элементов. Типовые элементы моделей робототехнических систем. Способы связи элементов. <u>Самостоятельное изучение.</u> Задачи, решаемые с помощью математического моделирования РТС.	2	—
2. Динамические модели манипуляционных систем		8	0
25	Методы формирования уравнений динамики манипуляционного механизма Метод Лагранжа-Эйлера. Обобщенные координаты манипулятора. Прямая и обратная задачи динамики. Метод Ньютона-Эйлера.	2	—
25	Динамическая модель манипулятора Допущения при построении аналитической модели манипулятора. Кинематические и динамические параметры звеньев в методе Ньютона-Эйлера. <u>Самостоятельное изучение.</u> Виды динамических моделей манипуляционного механизма робота.	2	—
26	Преобразование ортов локальных систем координат Последовательные повороты при преобразовании ортов. Формула конечных поворотов. Матрица преобразования локальной системы координат звена в абсолютную систему координат.	2	—
27	Определение параметров матриц динамической модели манипулятора Определение элементов матрицы инерции. Расчет элементов трехмерной матрицы, учитывающих взаимовлияние звеньев. Определение элементов вектора гравитационных сил.	2	—

1	2	3	4
3. Динамические модели исполнительных приводов и системы управления робота		8	0
27	Динамические модели приводов постоянного тока Дифференциальные уравнения, описывающие привод постоянного тока. Векторная форма уравнений. Система уравнений второго порядка. <i>Самостоятельное изучение.</i> Коэффициенты преобразования при различных сочетаниях типа движения координаты и исполнительного привода.	2	—
28	Динамическая модель гидропривода Уравнения для потоков, связанных с перемещением поршня и теряющихся в результате утечек и сжимаемости жидкости. Векторная форма уравнений.	2	—
29	Модель робота с системой динамического управления Определение вектора обобщенных сил при динамическом управлении. Учет инерционности исполнительных приводов в матрице инерции. Расчет управляющих токов и напряжений.	2	—
29	Формирование заданной траектории Определение сигналов задания обобщенных координат, их скоростей и ускорений с помощью кубических сплайнов. Система уравнений для определения параметров кубического сплайна и ее решение методом прогонки. Коллоквиум	2	—
4. Моделирование роботов и РТС на вычислительных машинах		6	0
30	Моделирование приводов и управляемого движения манипуляторов на ЦВМ Группы операций при моделировании динамики робота. Описание алгоритма моделирования робота с системой динамического управления. <i>Самостоятельное изучение.</i> Особенности моделирования движения робота в реальном масштабе времени.	2	—
31	Математическое описание адаптивной системы управления робота Взаимосвязанное адаптивное управление. Полная локальная адаптивная структура. Полная развязывающая адаптивная структура. Сложность взаимосвязанной адаптивной структуры.	2	—
31	Применение параллельно действующих процессоров при моделировании робота Декомпозиция адаптивных алгоритмов управления манипуляторами по степеням подвижности. Определение времени решения задачи при использовании для моделирования мультипроцессорной структуры.	2	—

1	2	3	4
5. Имитационное моделирование РТС с использованием системы GPSS		8	0
32	Особенности имитационного моделирования РТС Целесообразность имитационного моделирования РТС. Преимущества и недостатки универсальных и специализированных языков моделирования. <i>Самостоятельное изучение.</i> Основные термины и определения имитационной модели РТС.	2	–
33	Блоки, связанные с формированием транзактов Блоки создания, уничтожения и копирования транзактов. Задержка транзактов на заданное время. Изменение параметров транзактов.	2	–
33	Блоки, связанные с функционированием РТС Блоки, описывающие работу элементов робототехнической системы. Изменение маршрутов транзактов. Блоки для сбора статистики об очередях.	2	–
34	Моделирование РТС механообработки с использованием системы GPSS Показатели функционирования РТС. Выходная информация о работе РТС, получаемая на имитационной модели. Структура двухстаночной РТС механообработки.	2	–
Итого часов		36	0

4.2 Практические занятия

Неделя семестра	Тема и содержание практического занятия	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
1	2	3	4	5
8 семестр		24	0	
Моделирование как способ исследования робототехнических систем		6	0	
23	Моделирование робототехнической системы Моделирование робототехнической системы, содержащей манипулятор, режущий инструмент, рабочий стол.	2	–	Проверка выполнения задания
24	Формирование заданных траекторий перемещения робота Формирование опорных точек, траекторий перемещения робота и проверка их достижимости путем моделирования.	2	–	Проверка выполнения задания
25	Программирование движений робота в рабочем пространстве Создание программы управления манипуляционной системой с учетом препятствий на пути движения робота.	2	–	Проверка выполнения задания
Динамические модели манипуляционных систем		4	0	

1	2	3	4	5
26	Модель манипуляционной системы робота IRB 6400R Моделирование манипуляционной системы робота IRB 6400R, осуществляющего чистку и подготовку отливок.	2	—	Проверка выполнения задания
27	Модель манипуляционной системы робота IRB 1400 Моделирование манипуляционной системы универсального робота IRB 1400, осуществляющего дуговую сварку.	2	—	Проверка выполнения задания
Динамические модели исполнительных приводов и системы управления робота		6	0	
28	Динамические модели исполнительных приводов робота IRB 4400 Моделирование электроприводов универсального робота IRB 4400, обеспечивающего упаковку изделий.	2	—	Проверка выполнения задания
29	Динамические модели исполнительных приводов робота IRB 2400 Моделирование электроприводов универсального робота IRB 2400, осуществляющего лазерную резку.	2	—	Проверка выполнения задания
30	Модель системы управления робота IRB 2400 Моделирование системы управления универсального робота IRB 2400, обеспечивающего снятие заусенцев.	2	—	Проверка выполнения задания
Моделирование роботов и РТС на вычислительных машинах		8	0	
31	Моделирование РТС сварки с роботом IRB 140 Моделирование компактной робототехнической системы дуговой сварки на базе робота IRB 140.	2	—	Проверка выполнения задания
32	Моделирование РТС покраски с роботом IRB 5402 Моделирование РТС покраски с универсальным роботом IRB 5402.	2	—	Проверка выполнения задания
33	Моделирование РТС штамповки с роботом IRB 4400 Моделирование РТС на базе листогибного пресса и универсального робота IRB 4400 для его обслуживания.	2	—	Проверка выполнения задания
34	Модель РТС сварки с роботом IRB 6400R Моделирование робототехнической системы точечной сварки с универсальным роботом IRB 6400R.	2	—	Проверка выполнения задания
Итого часов		24	0	

4.3 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
8 семестр		24	24	
Моделирование как способ исследования робототехнических систем		4	4	
23	Моделирование электромеханических преобразователей энергии и исследование законов управления движением робота	2	2	Защита лабораторной работы
24	Планирование движений мобильного робота	2	2	Защита лабораторной работы
Динамические модели манипуляционных систем		6	6	
25	Исследование динамики манипуляторов	2	2	Защита лабораторной работы
26	Исследование кинематики манипуляторов	2	2	Защита лабораторной работы
27	Исследование динамических моделей манипуляторов роботов	2	2	Защита лабораторной работы
Динамические модели исполнительных приводов и системы управления робота		8	8	
28	Моделирование импульсного оптического датчика положения	2	2	Защита лабораторной работы
29	Моделирование исполнительной системы робота	2	2	Защита лабораторной работы
30	Исследование динамических моделей приводов роботов	2	2	Защита лабораторной работы
31	Моделирование робота с системой динамического управления	2	2	Защита лабораторной работы
Моделирование роботов и РТС на вычислительных машинах		2	2	
32	Исследование самонастраивающейся системы управления робота	2	2	Защита лабораторной работы
Имитационное моделирование РТС с использованием системы GPSS		4	4	
33	Имитационное моделирование РТС механообработки	2	2	Защита лабораторной работы
34	Имитационное моделирование РТС контрольных измерений	2	2	Защита лабораторной работы
Итого часов		24	24	

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
1	2	3	4
8 семестр		Экзамен	96
23	Подготовка к выполнению лаб. работы 1	допуск к выполнению	2
	Работа с конспектом лекции, с учебником	выборочная проверка	1
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	2
	Подготовка к защите лаб. работы 1	отчет, защита	1,5
24	Подготовка к выполнению лаб. работы 2	допуск к выполнению	2
	Работа с конспектом лекции, с учебником	выборочная проверка	1
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	2
	Подготовка к защите лаб. работы 2	отчет, защита	1,5
	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2
25	Подготовка к выполнению лаб. работы 3	допуск к выполнению	2
	Работа с конспектом лекции, с учебником	выборочная проверка	1
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	2
	Подготовка к защите лаб. работы 3	отчет, защита	1,5
	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2
26	Подготовка к выполнению лаб. работы 4	допуск к выполнению	2
	Работа с конспектом лекции, с учебником	выборочная проверка	1
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	2
	Подготовка к защите лаб. работы 4	отчет, защита	1,5
27	Подготовка к выполнению лаб. работы 5	допуск к выполнению	2
	Работа с конспектом лекции, с учебником	выборочная проверка	1
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	2
	Подготовка к защите лаб. работы 5	отчет, защита	1,5
	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2
28	Подготовка к выполнению лаб. работы 6	допуск к выполнению	2
	Работа с конспектом лекции, с учебником	выборочная проверка	1
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	2
	Подготовка к защите лаб. работы 6	отчет, защита	1,5
29	Подготовка к выполнению лаб. работы 7	допуск к выполнению	2
	Работа с конспектом лекции, с учебником	выборочная проверка	1
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	2
	Подготовка к защите лаб. работы 7	отчет, защита	1,5
	Подготовка к коллоквиуму	коллоквиум	8
30	Подготовка к выполнению лаб. работы 8	допуск к выполнению	2
	Работа с конспектом лекции, с учебником	выборочная проверка	1
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	2
	Подготовка к защите лаб. работы 8	отчет, защита	1,5
	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2

1	2	3	4
31	Подготовка к выполнению лаб. работы 9	допуск к выполнению	2
	Работа с конспектом лекции, с учебником	выборочная проверка	1
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	2
	Подготовка к защите лаб. работы 9	отчет, защита	1,5
32	Подготовка к выполнению лаб. работы 10	допуск к выполнению	2
	Работа с конспектом лекции, с учебником	выборочная проверка	1
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	2
	Подготовка к защите лаб. работы 10	отчет, защита	1,5
	Подготовка конспекта по теме для самостоятельного изучения	проверка конспекта	2
33	Подготовка к выполнению лаб. работы 11	допуск к выполнению	2
	Работа с конспектом лекции, с учебником	выборочная проверка	1
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	2
	Подготовка к защите лаб. работы 11	отчет, защита	1,5
34	Подготовка к выполнению лаб. работы 12	допуск к выполнению	2
	Работа с конспектом лекции, с учебником	выборочная проверка	1
	Подготовка к практическому занятию	проверка выполнения задания	2
	Подготовка к защите лаб. работы 12	отчет, защита	1,5

Методические рекомендации для студентов по освоению дисциплин образовательной программы высшего образования

Цель методических рекомендаций - обеспечить студенту оптимальную организацию процесса изучения дисциплины, а также выполнения различных форм самостоятельной работы.

1. Методические рекомендации по изучению дисциплины

Студентам необходимо ознакомиться с содержанием рабочей программы дисциплины (далее - РПД), с ее целями и задачами, связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине, имеющимися в библиотеке и в электронной информационно-образовательной среде.

1.1. Рекомендации по подготовке к лекционным занятиям (теоретический курс)

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний. Поэтому контроль над систематической работой студентов находится в центре внимания кафедры.

Студентам необходимо:

- на определенные лекции приносить соответствующий материал на бумажных носителях, представленный лектором в электронной информационно-образовательной среде (таблицы, графики, схемы). Данный материал характеризуется, комментируется, дополняется непосредственно на лекции;

- перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам и к лектору.

1.2. Рекомендации по подготовке к практическим (лабораторным) занятиям

Студентам следует:

- приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;
- до очередного занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей теме занятия;

- в начале занятия задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задачи;

- каждую задачу доводить до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов, в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Студентам, пропустившим практические занятия (независимо от причин), не имеющим письменного решения задач или не подготовившимся к данному занятию, необходимо не позже чем в 2-недельный срок отчитаться по теме, изучавшейся на занятии.

2. Методические рекомендации по подготовке к экзамену

При подготовке к экзамену особое внимание обратить на следующие моменты:

- необходимо стремиться не заучивать материал лекций, а улавливать логическую связь его построения, что позволяет успешно его воспринимать и отвечать на экзамене;
- в ходе изучения материала лекций следует в максимальной степени использовать знания, полученные при освоении других дисциплин;
- при проработке конспектов лекций и самостоятельном изучении материала необходимо использовать рекомендованную в рабочей программе основную и дополнительную литературу.

Необходимо учитывать, что по данной дисциплине осуществляются текущий контроль знаний (в течении семестра) и промежуточная аттестация в конце семестра (экзамен).

Текущий контроль успеваемости осуществляется путем собеседований в ходе приема отчетов по лабораторным работам. Студенты допускаются к экзамену только после полного выполнения и отчитывания запланированных лабораторных работ.

3. Методические рекомендации по работе с литературой

При проработке конспектов лекций и самостоятельном изучении разделов теоретического материала необходимо использовать учебное пособие:

1. Медведев В.А. Моделирование роботов и РТС: учебное пособие / В.А. Медведев. – Воронеж: ВГТУ, 2010. – 106 с.

При подготовке к практическим занятиям следует использовать учебник и учебные пособия:

1. Советов Б.Я. Моделирование систем: учебник / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – 6-е изд., стереотип. – М.: Высш. шк., 2009. – 343 с.

2. Советов, Б.Я. Моделирование систем: практикум: учеб. пособие / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2003. – 295 с.

3. Медведев В.А. Моделирование и исследование роботов и РТС: учеб. пособие / В.А. Медведев. – Воронеж: ВГТУ, 2005. – 104 с.

При подготовке, выполнении и сдаче лабораторных работ следует использовать методические указания:

1. Медведев В.А. Методические указания к лабораторным работам № 1-3 по дисциплине “Моделирование и исследование роботов и РТС” для студентов специальности 220402 “Роботы и робототехнические системы” очной формы обучения / В.А. Медведев. – Воронеж: ВГТУ, 2010. – 28 с.

2. Медведев В.А. Методические указания к лабораторным работам № 4-6 по дисциплине “Моделирование и исследование роботов и РТС” для студентов специальности 220402 “Роботы и робототехнические системы” очной формы обучения / В.А. Медведев. – Воронеж: ВГТУ, 2011. – 32 с.

3. Медведев В.А. Методические указания к лабораторным работам № 6-8 по дисциплине “Управление роботами и робототехническими системами” для студентов направления 15.03.06 “Мехатроника и робототехника” (профиль “Промышленная и специальная робототехника”) очной формы обучения / В.А. Медведев. – Воронеж: ВГТУ, 2015. – 32 с.

4. Трубецкой В.А. Методические указания к лабораторным работам № 1-4 по дисциплине “Математическое моделирование в технике” для студентов направления 221000 “Мехатроника и робототехника” (профиль “Промышленная и специальная робототехника”) очной формы обучения [Электронный ресурс] / В.А. Трубецкой, С.С. Ревнёв, А.К. Муконин. – Воронеж: ВГТУ, 2013. – 41 с.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	информационные лекции;
5.2	практические занятия: – совместное обсуждение вопросов лекций, – решение практических задач, связанных с профессиональной деятельностью;
5.3	лабораторные работы: – выполнение лабораторных работ в малых группах (ИФ), – защита выполненных работ;
5.4	самостоятельная работа студентов: – изучение теоретического материала, – подготовка к лекциям и практическим занятиям, – подготовка к лабораторным работам, – работа с учебно-методической литературой, – оформление конспектов лекций, подготовка отчетов, – подготовка к коллоквиуму, – подготовка к текущему контролю успеваемости, а также промежуточной аттестации;
5.5	консультации по всем вопросам учебной программы;
5.6	информационные технологии: – личный кабинет обучающегося, – самостоятельный поиск дополнительного учебного и научного материала, с использованием поисковых систем и сайтов сети Интернет, электронных энциклопедий и баз данных, – использование электронной почты преподавателей и обучающихся для рассылки, переписки и обсуждения возникших учебных проблем.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Паспорт компетенций для текущего контроля для РПД

Разделы дисциплины	Объект контроля	Форма контроля	Метод контроля	Срок выполнения
1	2	3	4	5
Моделирование как способ исследования робототехнических систем	Подходы к моделированию систем и виды моделирования; структура и функции элементов РТС	Коллоквиум	Письменный	23-24 недели
Динамические модели манипуляционных систем	Динамическая модель манипулятора по методу Ньютона-Эйлера	Защита лабораторных работ	Устный	25-27 недели
Динамические модели исполнительных приводов и системы управления робота	Динамические модели привода постоянного тока, гидропривода и системы управления робота	Защита лабораторных работ	Устный	28-29 недели

Моделирование роботов и РТС на вычислительных машинах	Алгоритмы моделирования робота с системами динамического и адаптивного управления	Опрос	Письменный	30-31 недели
1	2	3	4	5
Имитационное моделирование РТС с использованием системы GPSS	Алгоритмы и программы моделирования робототехнических систем в системе GPSS.	Защита лабораторных работ	Устный	32-34 недели

Полная спецификация оценочных средств, объектов, форм, методов контроля, контрольных материалов в привязке к формируемым компетенциям и критериев оценки приводится в Фонде оценочных средств по дисциплине, являющемся приложением к рабочей программе.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Год издания. Вид издания	Обеспеченность
1	2	3	4	5
7.1.1. Основная литература				
7.1.1.1	Медведев В.А.	Моделирование роботов и РТС: учебное пособие	2010 печат.	0,79
7.1.2. Дополнительная литература				
7.1.2.1	Советов Б.Я., Яковлев С.А.	Моделирование систем: учебник. - 6-е изд.	2009 печат.	0,4
7.1.2.2	Советов Б.Я., Яковлев С.А.	Моделирование систем: практикум Допущено Министерством образования РФ в качестве учебного пособия для студентов вузов	2003 печат.	0,3
7.1.2.3	Медведев В.А.	Моделирование и исследование роботов и РТС: учебное пособие	2005 печат.	0,4
7.1.3. Методические разработки				
7.1.3.1	Медведев В.А.	Методические указания к лабораторным работам № 1-3 по дисциплине “Моделирование и исследование роботов и РТС” для студентов специальности 220402 “Роботы и робототехнические системы” очной формы обучения	2010 печат.	0,54
7.1.3.2	Медведев В.А.	Методические указания к лабораторным работам № 4-6 по дисциплине “Моделирование и исследование роботов и РТС” для студентов специальности 220402 “Роботы и робототехнические системы” очной формы обучения	2011 печат.	0,71
7.1.3.3	Медведев В.А.	Методические указания к лабораторным работам № 6-8 по дисциплине “Управление роботами и робототехническими системами” для студентов направления 15.03.06 “Мехатроника и робототехника” (профиль “Промышленная и специальная робототехника”) очной формы обучения	2015 печат.	0,5

7.1.3.4	Трубецкой В.А., Ревнёв С.С., Муконин А.К.	Методические указания к лабораторным работам № 1-4 по дисциплине “Математическое моделирование в технике” для студентов направления 221000 “Мехатроника и робототехника” (профиль “Промышленная и специальная робототехника”) очной формы обучения	2013 элек- трон. ресурс	1
7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы				
7.1.4.1	Методические указания к выполнению лабораторных работ представлены в электронной информационно-образовательной среде.			
7.1.4.2	Расчетные компьютерные программы: 1. ANIMATIO – программа для представления пространственных сцен на основе применения машинной графики; 2. PROGR12 – пакет программ для моделирования динамики манипулятора и исполнительных приводов в системе MATLAB; 3. PROGR3 – пакет программ для моделирования динамики робота с системой динамического управления в системе MATLAB; 4. MACHINW – программа для имитационного моделирования РТС механообработки в системе GPSS World Student Version 4.3.5; 5. MEASUREW – программа для имитационного моделирования РТС контрольных измерений в системе GPSS World Student Version 4.3.5.			

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1	Специализированная лекционная аудитория, оснащенная проекционной аппаратурой
8.2	Специализированная учебная лаборатория робототехнических систем для проведения лабораторного практикума

Приложение 1

Карта обеспеченности рекомендуемой литературой

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Год изда- ния. Вид издания	Обеспе- чен- ность
1. Основная литература				
Л1.1	Медведев В.А.	Моделирование роботов и РТС: учебное пособие	2010 печат.	0,79
2. Дополнительная литература				
Л2.1	Советов Б.Я., Яковлев С.А.	Моделирование систем: учебник. - 6-е изд.	2009 печат.	0,4
Л2.2	Советов Б.Я., Яковлев С.А.	Моделирование систем: практикум Допущено Министерством образования РФ в ка- честве учебного пособия для студентов вузов	2003 печат.	0,3
Л2.3	Медведев В.А.	Моделирование и исследование роботов и РТС: учебное пособие	2005 печат.	0,4
3. Методические разработки				
Л3.1	Медведев В.А.	Методические указания к лабораторным рабо- там № 1-3 по дисциплине “Моделирование и ис- следование роботов и РТС” для студентов спе- циальности 220402 “Роботы и робототехниче- ские системы” очной формы обучения	2010 печат.	0,54
Л3.2	Медведев В.А.	Методические указания к лабораторным рабо- там № 4-6 по дисциплине “Моделирование и ис- следование роботов и РТС” для студентов спе- циальности 220402 “Роботы и робототехниче- ские системы” очной формы обучения	2011 печат.	0,71
Л3.3	Медведев В.А.	Методические указания к лабораторным рабо- там № 6-8 по дисциплине “Управление роботами и робототехническими системами” для студен- тов направления 15.03.06 “Мехатроника и робо- тотехника” (профиль “Промышленная и специ- альная робототехника”) очной формы обучения	2015 печат.	0,5
Л3.4	Трубецкой В.А., Ревнёв С.С., Му- конин А.К.	Методические указания к лабораторным рабо- там № 1-4 по дисциплине “Математическое мо- делирование в технике” для студентов направле- ния 221000 “Мехатроника и робототехника” (профиль “Промышленная и специальная робо- тотехника”) очной формы обучения.	2013 элек- трон. ресурс	1

Заведующий кафедрой ЭАУТС _____ Бурковский В.Л.

Директор НБ ВГТУ _____ Буковшина Т.И.

Приложение 2

Фонд оценочных средств
по дисциплине «**Моделирование роботов и робототехнических систем**»
для направления подготовки

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль подготовки «**Электропривод и автоматика робототехнических систем**»

Форма обучения _____ очная _____

Срок обучения _____ 4 года _____

Индексированные результаты обучения

Компетенция	Результат	Индекс
ОПК-3: способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей	Знает: – динамические модели манипулятора, приводов и системы управления робота, применяя методы анализа и моделирования электрических цепей;	ОПК3. Р1
	Умеет: – разрабатывать модели исполнительных систем и систем управления роботов, используя методы анализа и моделирования электрических цепей;	ОПК3. Р2
	Владет: – способностью практического использования методов анализа и моделирования электрических цепей при синтезе моделей систем управления роботов.	ОПК3. Р3
ПВК-4: способность рассчитывать режимы работы и параметры оборудования электромеханических комплексов и электроэнергетических систем.	Знает: – режимы работы и параметры оборудования электромеханических комплексов;	ПВК4. Р1

	Умеет: – рассчитывать параметры моделей систем управления роботов в соответствии с требуемыми режимами работы оборудования электромеханических комплексов;	ПВК4. Р2
	Владеет: – навыками моделирования работы оборудования электромеханических комплексов в различных режимах.	ПВК4. Р3

Оценочные средства устного опроса

Проверяемый результат ОПК3. Р1, ОПК3. Р2, ОПК3.Р3, ПВК4. Р1, ПВК4. Р2, ПВК4.Р3

Устный опрос проводится при допуске и защите лабораторных работ.

Методика проведения: проводится в специализированной учебной лаборатории для проведения лабораторного практикума после выполнения работы по данной теме, используется устный метод контроля, применяется индивидуальная форма, время проведения опроса 5 минут, ответы даются без использования справочной литературы и средств коммуникации, результат сообщается немедленно.

Критерий оценки ответов:

Оценка «отлично» выставляется студенту, ответившему на три вопроса;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, ответившему полностью на два вопроса и неполный ответ на третий вопрос;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, ответившему на два вопроса с поправками;

Оценка «неудовлетворительно, не ответившему на вопросы.

Вопросы к экзамену

по дисциплине "Моделирование роботов и робототехнических систем"

1. Классический подход к синтезу моделей РТС.
2. Системный подход к синтезу моделей РТС.
3. Классификация видов моделирования систем.
4. Аналитическое моделирование РТС.
5. Имитационное моделирование РТС.
6. Комбинированное моделирование РТС.
7. Структурно-функциональное представление РТС.
8. Типы элементов РТС.
9. Способы связи элементов РТС.
10. Методы формирования уравнений динамики манипулятора.
11. Кинематические и динамические параметры звеньев манипулятора.

12. Динамическая модель манипулятора.
13. Преобразование локальных систем координат в абсолютную систему координат.
14. Определение параметров матриц динамической модели манипулятора.
15. Динамическая модель исполнительного привода постоянного тока.
16. Динамическая модель привода без учета электромагнитных процессов.
17. Коэффициенты преобразования при различных сочетаниях типа движения координаты и исполнительного привода.
18. Уравнения для потоков жидкости через гидроцилиндр.
19. Динамическая модель гидропривода.
20. Аналогичность процессов, протекающих в приводе постоянного тока и в гидроприводе.
21. Определение вектора обобщенных сил в системе динамического управления.
22. Расчет управляющих напряжений и токов.
23. Определение сигналов задания перемещений, скоростей и ускорений с помощью кубических сплайнов.
24. Целесообразность имитационного моделирования РТС.
25. Преимущества и недостатки универсальных и специализированных языков моделирования.
26. Основные термины и определения имитационной модели РТС.
27. Блоки создания и уничтожения транзактов.
28. Блоки копирования транзактов.
29. Задержка транзактов по заданному времени.
30. Изменение параметров транзактов.
31. Блоки, описывающие работу оборудования.
32. Изменение маршрутов транзактов.
33. Блоки для сбора статистики об очередях.
34. Моделирование РТС механообработки с использованием системы GPSS.
35. Моделирование приводов и управляемого движения манипулятора.
36. Особенности моделирования движения робота в реальном времени.

Вопросы к коллоквиуму

по дисциплине "Моделирование роботов и робототехнических систем"

1. Детерминированное и стохастическое, статическое и динамическое, дискретное, непрерывное и дискретно-непрерывное виды моделирования.
2. Аналитическое, имитационное и комбинированное моделирование.
3. Классический и системный подходы к моделированию РТС.
4. Подсистемы РТС. Параметры подсистем и их элементов.
5. Типовые элементы моделей робототехнических систем. Способы связи элементов.
6. Задачи, решаемые с помощью математического моделирования РТС.
7. Допущения при построении аналитической модели манипулятора.
8. Кинематические и динамические параметры звеньев в методе Ньютона-Эйлера.
9. Виды динамических моделей манипуляционного механизма робота.
10. Методы формирования уравнений динамики манипуляционного механизма.
11. Преобразование ортов локальных систем координат и определение параметров звеньев в абсолютной системе координат, связанной с основанием робота.
12. Определение параметров матриц динамической модели манипулятора.

13. Дифференциальные уравнения, описывающие привод постоянного тока. Векторная форма уравнений.

14. Коэффициенты преобразования при различных сочетаниях типа движения координаты и исполнительного привода.

15. Уравнения для потоков, связанных с перемещением поршня и теряющихся в результате утечек и сжимаемости жидкости. Векторная форма уравнений.

16. Определение обобщенных сил при динамическом управлении.

17. Расчет управляющих токов и напряжений.

18. Формирование сигналов задания обобщенных координат, их скоростей и ускорений с помощью кубических сплайнов.

Паспорт фонда оценочных средств
для текущего контроля и промежуточной аттестации

Раздел дисциплины	Код формируемой компетенции	Объект контроля	Форма и методика контроля	Контрольные материалы	Срок исполнения
1	2	3	4	5	6
1. Моделирование как способ исследования робототехнических систем	ОПК-3	Знание целей и задач курса, классификации видов моделирования систем, типовых элементов моделей робототехнических систем и способов связи элементов. Умение применять классический и системный подходы к построению моделей РТС.	Коллоквиум	Вопросы к коллоквиуму 1-6	23-24 недели
2. Динамические модели манипуляционных систем	ОПК-3, ПВК-4	Знание методов формирования уравнений динамики манипулятора, видов динамических моделей манипуляционного механизма робота. Умение определять кинематические и динамические параметры звеньев при формировании динамической модели манипулятора по методу Ньютона-Эйлера. Владение навыками преобразования ортов локальных систем координат, определения параметров звеньев в абсолютной системе координат и параметров матриц динамической модели манипулятора.	Защита лабораторных работ	Контрольные вопросы к лабораторным работам № 1, 2 в методических указаниях 7.1.3.1	25-27 недели

3. Динамические модели исполнительных приводов и системы управления робота	ОПК-3, ПВК-4	Знание дифференциальных уравнений, описывающих привод постоянного тока и гидропривод. Умение получать векторную форму уравнений для привода постоянного тока и гидропривода. Владение навыками разработки алгоритмов определения вектора обобщенных сил, расчета управляющих токов и напряжений при динамическом управлении манипулятором.	Защита лабораторных работ	Контрольные вопросы к лабораторным работам № 3, 4 в методических указаниях 7.1.3.1, 7.1.3.2	28-29 недели
1	2	3	4	5	6
Моделирование роботов и РТС на вычислительных машинах	ОПК-3	Знать особенности моделирования движения робота в реальном масштабе времени. Умение разрабатывать алгоритмы моделирования робота с системами динамического и адаптивного управления. Владение навыками моделирования приводов и системы динамического управления роботом в среде MATLAB.	Письменный опрос	Конспект лекций	30-31 недели
4. Имитационное моделирование РТС с использованием системы GPSS	ПВК-4	Знание особенностей имитационного моделирования РТС, основных терминов и определений имитационной модели РТС. Умение разрабатывать схемы алгоритмов моделирования РТС с помощью стандартных блоков системы GPSS. Владение навыками моделирования РТС механообработки и контрольных измерений с использованием системы GPSS.	Защита лабораторных работ	Контрольные вопросы к лабораторным работам № 5-6 в методических указаниях 7.1.3.2	32-34 недели
Промежуточная аттестация					
Разделы 1-5	ОПК-3, ПВК-4	Знание динамических моделей манипуляторов с декартовой, цилиндрической и сферической системами координат, исполнительных приводов и системы управления робота. Умение определять параметры динамических моделей манипулятора, привода постоян-	Устный экзамен	Вопросы к экзамену	Сессия

		ного тока и гидропривода, разрабатывать алгоритмы моделирования РТС механообработки и контрольных измерений. Владение навыками расчета параметров моделей систем управления роботами в соответствии с заданными режимами работы оборудования электромеханических комплексов, а также аналитического моделирования систем динамического управления роботов и имитационного моделирования РТС.			
--	--	---	--	--	--

Критерии оценки при сдаче экзамена:

Цифра	Словесное выражение	Описание
5	Отлично	Ответ студента полный и правильный. Студент способен обобщить материал, сделать собственные выводы, выразить свое мнение, привести иллюстрирующие примеры
4	Хорошо	Ответ студента правильный, но неполный. Не приведены иллюстрирующие примеры, обобщающее мнение студента недостаточно четко выражено
3	Удовлетворительно	Ответ правилен в основных моментах, нет иллюстрирующих примеров, нет собственного мнения студента, есть ошибки в деталях и/или они просто отсутствуют
2	Неудовлетворительно	В ответе существенные ошибки в основных аспектах темы.

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель ученого совета
факультета энергетики и
систем управления

Бурковский А.В. _____
(подпись)
_____ 201 г.

Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД
Моделирование роботов и робототехнических систем
(наименование УМКД)

В УМКД вносятся следующие изменения (дополнения):

изменения (дополнения) в УМКД обсуждены на заседании кафедры электропривода, автоматики и управления в технических системах

Протокол № _____ от « ____ » _____ 201 г.

Зав. кафедрой _____ Бурковский В.Л.

Изменения (дополнения) рассмотрены и одобрены методической комиссией факультета
энергетики и систем управления
(наименование факультета, за которым закреплена данная специальность)

Председатель методической комиссии _____