

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В. Г. ШУХОВА»
(БГТУ им. В. Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ
Директор института ЭИТУС
А. В. Белоусов
« 10 » мая 20 21 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины (модуля)

Проектирование робототехнических систем

Направление подготовки (специальность):

15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность программы (профиль, специализация):

Мехатроника и робототехника

Квалификация:

бакалавр

Форма обучения

очная

Институт Энергетики, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра Технической кибернетики

Белгород 2021

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-11. Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматизации, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем	ОПК-11.1. Использует современные компьютерные средства инженерного анализа при расчете и проектировании отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем, разработке алгоритмов и программ управления	<p>Знать: основные этапы и общий алгоритм процесса проектирования РТС, назначение и характеристики, используемых в процессе проектирования современных систем CAD/CAE/CAM</p> <p>Уметь: составлять техническое задание на проектирование, использовать современные CAD/CAE системы при проектировании,</p> <p>Владеть: навыками работы с современным программным обеспечением систем автоматизированного проектирования для решения задач проектирования мехатронных и робототехнических систем в целом или отдельных узлов и агрегатов</p>
Профессиональные компетенции	ПК-2. Способен разрабатывать управляющие устройства отдельных мехатронных модулей и робототехнических устройств манипуляционного и мобильного классов на базе стандартных комплектующих элементов автоматизации и микроконтроллерной техники	<p>ПК-2.2. Проводит совместное моделирование динамики устройств управления мехатронных модулей и робототехнических систем</p> <p>ПК-2.3. Использует для расчетов современное программное обеспечение при разработке управляющих устройств отдельных мехатронных модулей и робототехнических устройств</p>	<p>Знать: основы построения виртуальных прототипов</p> <p>Уметь: проводить совместное моделирование динамики систем автоматизации и механических систем</p> <p>Владеть: навыками разработки алгоритмов управления отдельных мехатронных модулей и робототехнических устройств манипуляционного и мобильного классов и их отладки с использованием технологий виртуального прототипирования, навыками декомпозиции сложных задач</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ОПК-11. Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Проектирование робототехнических систем
2	Производственная технологическая (проектно-технологическая) практика

2. Компетенция ПК-2. Способен разрабатывать управляющие устройства отдельных мехатронных модулей и робототехнических устройств манипуляционного и мобильного классов на базе стандартных комплектующих элементов автоматики и микроконтроллерной техники

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Проектирование робототехнических систем
2	Моделирование систем
3	Технология производства элементов и систем управления
4	Системы управления манипуляционными и мобильными роботами
5	Манипуляционные робототехнические системы
6	Мобильные робототехнические комплексы
7	Микроконтроллеры в робототехнических системах
8	Программирование микроконтроллеров

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Форма промежуточной аттестации зачет, экзамен.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7	Семестр № 8
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	147	69
Контактная работа (аудиторные занятия), в том числе:	82	56	26
лекции	50	34	16
лабораторные	25	17	8
практические	0	0	0
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	7	5	2
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	134	91	43
курсовой проект	0	0	
курсовая работа	0	0	0
расчетно-графическое задание	18	18	0

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7	Семестр № 8
индивидуальное домашнее задание	0	0	0
самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	80	50	30
экзамен	36		36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 4 Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	2	3	4	5	6
1. Введение в проектирование робототехнических систем					
	Основные понятия процесса проектирования. Специфика проектирования робототехнических систем и комплексов. Этапы проектирования, этап эскизного проектирования. Общие вопросы разработки ТЗ на проектирование робототехнических систем (РТС) и робототехнических комплексов (РТК). Примерная схема состава ТЗ на проектирование РТС и РТК. Общий алгоритм проектирования РТК. Технологии объектно-ориентированного анализа и проектирования. Методики концептуального проектирования и информационной поддержки этапов жизненного цикла промышленных изделий.	10			16
2. Современное программное обеспечение, применяемое при проектировании робототехнических систем					
	Назначение, структура, классификация и функции системной среды САПР. CAD/CAE/CAM системы. Виды обеспечения САПР и место САПР в интегрированных системах. Взаимосвязь САПР и систем технологического проектирования. Технологии интеграции CAD и CAE. Математические основы. Основы проектирования РТС и РТК с использованием САПР. Понятие параметризации.	12		2	22
3. Проектирование робототехнических систем с учетом результатов их кинематического и динамического анализа					
	Разработка модели манипулятора в системе автоматизированного проектирования. Подготовка 3D модели в САД системе и определение характеристик звеньев. Импорт модели в среду для кинематического и динамического анализа на основе САЕ системы. Устранение избыточности, задание зависимостей и ограничений. Решение прямой задачи о положении. Определение динамических характеристик. Создание приводов и анализ линейной динамики.	12		15	43
	ВСЕГО	34		17	91

Курс 4 Семестр 8

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	2	3	4	5	6
4. Математические методы отыскания оптимальных проектных решений					
	Метод сканирования, примеры решения задач. Задача многокритериальной оптимизации в смысле Эджвуда-Парето. Использование математических методов при проектировании РТС и РТК	6		4	12
5. Проектирование автоматизированных систем управления робототехнических комплексов					
	Проектирование АСУ РТК с использованием совместного моделирования сред моделирования систем управления и механических систем. Виды нелинейностей в математических моделях в мехатронных и робототехнических системах и способы их задания в САЕ системах. Анализ динамики мехатронных и робототехнических систем заданных нелинейными динамическими моделями при помощи систем инженерного анализа	11		4	31
	ВСЕГО	17		8	43

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Не предусмотрено учебным планом.

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины (в соответствии с п.4.1)	Тема лабораторного занятия	Колич. часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<i>семестр № 7</i>				
1.	2	Изучение основ работы в программном обеспечении для анализа динамики механических систем	3	3
2.	3	Создание параметрической модели платформы гексапода	4	4
3.	3	Построение виртуального прототипа двигателя постоянного тока	3	3
4.	3	Разработка модели манипулятора в CAD\САЕ системах	3	3
5.	3	Решение задач кинематики и динамики манипуляторов заданных линейными моделями	4	4
ИТОГО:			17	17

семестр № 8				
1.	4	Оптимальный выбор ПР в составе РТК	4	4
2.	5	Решение задач динамики мехатронных и робототехнических систем заданных нелинейными математическими моделями	4	4
ИТОГО:			8	8
ВСЕГО:			8	8

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

В процессе выполнения расчетно-графического задания осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудиториях и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

Расчетно-графическое задание предполагает построение ТЗ на проектирование РТС или РТК, разработку модели мехатронной системы, РТК или оснастки, разработки и отладки алгоритма управления, проведение совместного моделирования динамики заданных линейными моделями.

Типовой пример задания.

Составить ТЗ на разработку мехатронного устройства подачи деревянных цилиндрических заготовок в токарный станок. Построить модель мехатронного устройства в САЕ системе, разработать алгоритм работы и выполнить совместное моделирование динамики механической части и системы управления. Исходные данные: Размер заготовки: диаметр 100, 200, 300 мм, длина 300, 500, 600.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ОПК-11. Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-11.1. Использует современные компьютерные средства инженерного анализа при расчете и проектировании отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем,	Защита лабораторных работ, тестовый контроль, защита РГЗ, экзамен

2. Компетенция ПК-2. Способен разрабатывать управляющие устройства отдельных мехатронных модулей и робототехнических устройств манипуляционного и мобильного классов на базе стандартных комплектующих элементов автоматики и микроконтроллерной техники

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-2.2. Проводит совместное моделирование динамики устройств управления мехатронных модулей и робототехнических систем	Защита лабораторных работ, защита РГЗ, экзамен
ПК-2.3. Использует для расчетов современное программное обеспечения при разработке управляющих устройств отдельных мехатронных модулей и робототехнических устройств	

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Введение в проектирование робототехнических систем (ОПК-11)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основные понятия процесса проектирования. Специфика проектирования робототехнических систем и комплексов. Этапы проектирования, этап эскизного проектирования. 2. Общие вопросы разработки ТЗ на проектирование робототехнических систем (РТС) и робототехнических комплексов (РТК). 3. Примерная схема состава ТЗ на проектирование РТС и РТК. 4. Общий алгоритм проектирования РТК. 5. Технологии объектно-ориентированного анализа и проектирования. 6. Методики концептуального проектирования и информационной поддержки этапов жизненного цикла промышленных изделий.
2	Современное программное обеспечение, применяемое при проектировании робототехнических систем (ОПК-11)	<ol style="list-style-type: none"> 7. Что такое САПР? Какие существуют САПР и как используются при проектировании РТС и РТК? 8. CAD/CAE/CAM системы при проектировании РТС и РТК 9. Взаимосвязь САПР и систем технологического проектирования. 10. Технологии интеграции CAD и CAE. 11. Какие методы используются в CAE системах для моделирования динамики многомассовых систем? 12. Основы проектирования РТС и РТК с использованием САПР
3	Проектирование робототехнических систем с учетом результатов их	<ol style="list-style-type: none"> 13. Как решается прямая задача о положении и скорости манипулятора при помощи CAE систем? 14. Как CAE системы помогают при решении обрат-

	кинематического и динамического анализа (ОПК-11)	ной задачи кинематики манипулятора? 15. Собрать модель манипулятора с тремя степенями свободы в САЕ системе 16. Получить нагрузочные характеристики приводов звеньев манипулятора при помощи САЕ системы? 17. Запрограммировать движение манипулятора в заданную точку
4	Математические методы отыскания оптимальных проектных решений (ПК-2)	18. Математические методы отыскания оптимальных проектных решений. Метод сканирования, примеры решения задач 19. Задача многокритериальной оптимизации в смысле Эджвуда-Парето. Использование в РТК и РТС
5	Проектирование автоматизированных систем управления робототехнических комплексов (ПК-2)	20. Связать систему управления с механической частью манипулятора в режиме совместного моделирования 21. Запрограммировать движение манипулятора по заданной траектории

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта / курсовой работы

Выполнение курсовых проектов и курсовых работ не предусмотрено учебным планом дисциплины.

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме выполнения и защиты лабораторных работ и ответов на тестовые задания.

В лабораторном практикуме [1] по дисциплине представлен перечень работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания к работе, перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения задания, оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.	Изучение основ работы в программном обеспечении для анализа динамики механических систем (ОПК-11)	1. Место технологии виртуального прототипирования в жизненном цикле производства продукции 2. Каков общий алгоритм разработки виртуального прототипа механических систем? 3. Какие этапы создания прототипов? 4. Какие есть объекты в программном обеспечении для анализа динамики механических систем? 5. Что такое степени подвижности? 6. Как осуществляется верификация модели? 7. Как осуществляется валидация модели? 8. Как осуществляется отладка?
2.	Создание параметриче-	1. Сколько степеней подвижности имеет гексапод?

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
	ской модели платформы гексапода (ОПК-11)	<ol style="list-style-type: none"> 2. Где используются гексаподы? 3. Что такое параметрическая модель и в чем ее достоинства? 4. Какие существуют задачи оптимизации гексапода? 5. Что такое функция LOC_RELATIVE_TO? 6. Какие задачи динамики решались в лабораторной работе? 7. Задайте модель гексапода с другим расположением приводов
3.	Построение виртуального прототипа двигателя постоянного тока (ОПК-11)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Опишите принцип действия двигателя постоянного тока 2. Выведите математическую модель двигателя постоянного тока с независимым возбуждением 3. Каков общий алгоритм разработки виртуального прототипа электродвигателя в среде MSC.Adams и Simulink? 4. Какие модули среды MSC.Adams использовались в лабораторной работе, для чего и каким образом? 5. Какие процессы вы моделировали и зачем? 6. Опишите общую последовательность действий при осуществлении моделирования 7. Как осуществляется совместное моделирование динамики механических объектов с системами управления? Что дает такой подход? 8. Как проводилась верификация полученного виртуального прототипа? 9. Как используется технология виртуального прототипирования при разработке теоретических моделей производственных и технологических процессов, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний 10. Какие явления и эффекты не учитываются в построенных моделях? Как и с какой целью, они могут быть учтены? 11. Где могут использоваться в дальнейшем полученные компьютерные модели? 12. Какой вид математической модели вы получили?
4.	Разработка модели манипулятора в CAD\CAE системах (ПК-2)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Опишите последовательность создания модели робота в среде MSC Adams 2. Приведите последовательность построения модели робота с применением CAD среды 3. Постройте 3D-модель многозвенного манипулятора в одной из сред моделирования 4. Постройте 3D-модель мобильного робота в одной из сред моделирования 5. В чем отличие CAD и CAE систем?
5.	Решение задач кинематики и динамики манипуляторов заданных линейными моделями (ПК-2)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Для чего решается прямая и обратная задача кинематики манипулятора? 2. Какие методы решения обратной задачи кинематики вы знаете? 3. Какие методы планирования траекторий движения рабочего органа манипулятора вы знаете? 4. Как получаются нагрузочные характеристики приводов

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		<p>звеньев манипулятора?</p> <p>5. Как используется технология виртуального прототипирования при разработке мехатронных и робототехнических систем?</p> <p>6. Как осуществляется связь при расчете механической модели с системой управления?</p> <p>7. Как верифицируются полученные компьютерные модели манипуляторов?</p>
6.	Оптимальный выбор ПР в составе РТК (ОПК-11)	<p>1. Какие существуют математические методы отыскания оптимальных проектных решений.</p> <p>2. В чем суть метода сканирования и когда он может быть применен?</p> <p>3. Что такое критерий оптимизации?</p> <p>4. Как записывается задача оптимизации на формализованном языке?</p> <p>5. В чем состоит задача многокритериальной оптимизации в смысле Эджвуда-Парето.</p> <p>6. Как Парето оптимизация используется при проектировании РТК и РТС</p>
7.	Решение задач динамики мехатронных и робототехнических систем заданных нелинейными математическими моделями (ПК-2)	<p>1. Что дает применение САД и САЕ систем при разработке робототехнических и мехатронных комплексов?</p> <p>2. Осуществите совместное моделирование динамики имитационной модели манипулятора, построенной в MSC Adams и системы управления</p> <p>3. Какие данные о работе модели важны для ее дальнейшего анализа и оптимизации?</p> <p>4. Продемонстрируйте навыки работы со средствами визуализации результатов вычислений в MSC Adams.</p> <p>5. Сравните различные системы управления при помощи средств моделирования систем управления;</p> <p>6. Разработайте и исследуйте модель привода манипулятора</p> <p>7. Исследуйте различные виды регуляторов для управления приводами робота</p> <p>8. При каких условиях эффективнее П, ПИ, ПД, ПИД или нечеткие регуляторы приводов робота?</p> <p>9. Разработайте и исследуйте различные системы управления приводами манипулятора</p> <p>10. По каким критериям или показателям качества необходимо осуществлять сравнение подходов к управлению приводами манипулятора?</p> <p>11. Как изменяются динамические характеристики при учете нелинейных элементов?</p>

Типовые варианты тестов для текущего контроля в семестре (ОПК-11)

1. **Что обозначает аббревиатура СТО в контексте робототехнических систем?**
 - а) средства технического оснащения.
 - б) средства технологического оснащения.

- в) средства технологического оборудования.
 - г) станции технического обслуживания
2. **Какой из этапов проектирования не является обязательным?**
- а) рабочее проектирование
 - б) техническое проектирование
 - в) эскизное проектирование
 - г) техническое предложение
3. **Основным юридическим документом, регулирующим отношения Заказчика и Разработчика является**
- а) техническое предложение
 - б) техническое задание
 - в) рабочий проект
 - г) акт выполнения услуг
4. **Объем транспортных потоков за период T можно рассчитать по следующей формуле**
- а) $f = \sum_j^{J_j} \sum_i^{J_i} P_i L_{i,j} / T$,
 - б) $f = N_{on} / T$,
 - в) $f = \sum_j^{J_j} \sum_k^{J_k} L_{k,j} / T$,
 - г) $f = \sum_j^{J_j} \sum_i^{J_i} (D_{i,j}^d - D_{i,j}^\phi) / T$,
5. **Какие документы не подготавливаются на стадии технического проектирования РТК?**
- а) смета затрат
 - б) схемы принципиальные
 - в) документацию программного обеспечения
 - г) ведомость оборудования и материалов
 - д) схему функциональной структуры
6. **При математическом моделировании в качестве объекта моделирования выступают...**
- а) графики переходного процесса, описывающие объект по уравнениям;
 - б) исходные уравнения, представляющие математическую модель объекта;
 - в) процессы, протекающие в математической модели.
7. **Что такое физическое моделирование?**
- а) метод экспериментального изучения различных физических явлений, основанный на математических моделях;
 - б) метод экспериментального изучения различных физических явлений, основанный на их физическом подобии;
 - в) метод математического изучения различных физических явлений, основанный на их математическом подобии.
8. **Как расшифровывается аббревиатура САПР?**
- а) система автоматизированного производства;
 - б) система автоматизированного проектирования;
 - в) системный анализ производства.

- 9. Выберите верный вариант ответа. CAD (Computer-Aided Design) – это:**
- а) система управления проектными данными;
 - б) система технической подготовки производства, предназначенная для изготовления сложнопрофильных деталей и сокращения цикла их производства;
 - в) компьютерное обеспечение, предназначенное для решения конструкторских задач и оформления конструкторской документации.
- 10. Выберите верный вариант ответа. CAM (Computer-Aided Manufacturing) – это:**
- а) компьютерное обеспечение, предназначенное для решения конструкторских задач и оформления конструкторской документации;
 - б) компьютерное обеспечение, предназначенное для инженерных расчетов;
 - в) система технической подготовки производства, предназначенная для изготовления сложнопрофильных деталей и сокращения цикла их производства.
- 11. Выберите верный вариант ответа. CAE (Computer-Aided Engineering) – это:**
- а) компьютерное обеспечение, предназначенное для инженерных расчетов;
 - б) система управления проектными данными;
 - в) компьютерное обеспечение, предназначенное для решения конструкторских задач и оформления конструкторской документации.
- 12. Выберите верный вариант ответа. PDM (Product Data Management) – это:**
- а) компьютерное обеспечение, предназначенное для инженерных расчетов;
 - б) система управления проектными данными;
 - в) система технической подготовки производства, предназначенная для изготовления сложнопрофильных деталей и сокращения цикла их производства.
- 13. Программное обеспечение MSC Adams относится к**
- а) CAD системам;
 - б) CAM системам;
 - в) CAE системам;
 - г) решениям в области PLM;
 - д) решениям в области PDM.
- 14. В среде MSC Adams используются уравнения движения механических тел составленные на основе**
- а) принципа Даламбера;
 - б) уравнений Эйлера-Лагранжа;
 - в) теоремы об изменении кинетической энергии;
 - г) всего вышеперечисленного;

15. Какие из этапов проектирования реальных РТК в среде MSC Adams являются обязательными

- а) Построение модели механической системы, которая включает перемещающиеся части, шарниры, податливые связи и приложенные силы.
- б) Тестирование, моделируя движение модели в соответствие с физическим действием.
- в) Подтверждение модели, сравнивая физические экспериментальные данные с результатами виртуального моделирования.
- г) Усложнение модели так, чтобы виртуальные расчетные данные соответствовали физическим экспериментальным данным.
- д) Оптимизация конструкции, чтобы найти лучшую комбинацию конструктивных параметров для достижения максимальных эксплуатационных показателей.
- е) Автоматизация шагов процесса проектирования для быстрого испытания различных вариантов конструкции.

16. С помощью ПО MSC Adams можно (выбрать лишнее)

- а) решить прямую задачу кинематики манипулятора;
- б) решить обратную задачу кинематики манипулятора;
- в) исследовать непрерывные системы управления;
- г) проводить анализ чувствительности конструкции к различным изменениям.

17. Выберите возможности Adams View?

- а) построение твердотельной модели;
- б) выполнение интегрирования уравнений движения;
- в) определение расстояний между объекта в процессе расчета;
- г) создание функциональных измерителей.

18. С каким шагом интегрируются уравнения при совместном моделировании

- а) С переменным, максимальное значение которого устанавливается параметром Communication Interval
- б) С фиксированным, максимальное значение которого устанавливается параметром Communication Interval
- в) Можно изменить в настройках соответствующих программ

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, зачета, зачета при защите РГЗ используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
ОПК-11. Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем	
Знания	Знание терминов, классификаций, основных принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Умение составлять техническое задание на проектирование робототехнических систем
	Умение использовать современные CAD/CAE системы при проектировании
Навыки	Владеть навыками выбора элементов и узлов робототехнических систем и комплексов
	Владеть навыками работы с современным программным обеспечением систем автоматизированного проектирования для решения задач проектирования мехатронных и робототехнических систем в целом или отдельных узлов и агрегатов

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, классификаций, основных принципов	Не знает терминов классификаций, основных принципов	Знает термины классификации, основные принципы, но допускает неточности формулировок	Знает термины классификации, основные принципы	Знает термины классификации, основные принципы, может корректно сформулировать их самостоятельно
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все – полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации	Излагает знания без логической последовательно-	Излагает знания с нарушениями в логической	Излагает знания без нарушений в логической	Излагает знания в логической последовательно-

знаний	сти	последовательности	последовательности	сти, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение составлять техническое задание на проектирование робототехнических систем	Не умеет составлять техническое задание на проектирование робототехнических систем	Умеет составлять только малую часть технического задания на проектирование робототехнических систем	Умеет составлять техническое задание на проектирование стандартных робототехнических систем	Умеет составлять техническое задание на проектирование нестандартных робототехнических систем
Умение использовать современные CAD/CAE системы при проектировании	Не умеет использовать современные CAD/CAE системы при проектировании	Умеет использовать только отдельные возможности современных CAD/CAE системы при проектировании	Умеет использовать базовые возможности современных CAD/CAE системы при проектировании	Умеет использовать некоторые продвинутые возможности современных CAD/CAE системы при проектировании

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение навыками выбора элементов и узлов робототехнических систем и комплексов	В принципе не понимает как осуществлять выбор элементов и узлов робототехнических систем и комплексов	Имеет поверхностное представление о том как осуществлять выбор элементов и узлов робототехнических систем и комплексов	Владеть навыками выбора базовых элементов и узлов робототехнических систем и комплексов	Владеть навыками выбора элементов и узлов робототехнических систем и комплексов
Владение навыками работы с современным	В принципе не понимает как используется современным	Имеет поверхностное представление о том как используется	Владеть базовыми навыками работы с современным	Владеть навыками работы с современным программным

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
программным обеспечением систем автоматизированного проектирования для решения задач проектирования мехатронных и робототехнических систем в целом или отдельных узлов и агрегатов	программным обеспечением систем автоматизированного проектирования для решения задач проектирования мехатронных и робототехнических систем в целом или отдельных узлов и агрегатов	современным программным обеспечением систем автоматизированного проектирования для решения задач проектирования мехатронных и робототехнических систем в целом или отдельных узлов и агрегатов	программным обеспечением систем автоматизированного проектирования для решения задач проектирования мехатронных и робототехнических систем в целом или отдельных узлов и агрегатов	обеспечением систем автоматизированного проектирования для решения задач проектирования мехатронных и робототехнических систем в целом или отдельных узлов и агрегатов

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
	ПК-2. Способен разрабатывать управляющие устройства отдельных мехатронных модулей и робототехнических устройств манипуляционного и мобильного классов на базе стандартных комплектующих элементов автоматики и микроконтроллерной техники
Знания	Знание терминов, классификаций, основных принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Умение проводить совместное моделирование типовых и нестандартных систем автоматики и механических систем
Навыки	Владеть навыками разработки алгоритмов управления отдельных мехатронных модулей и робототехнических устройств манипуляционного и мобильного классов и их отладки с использованием технологий виртуального прототипирования

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, классификаций, основных принципов	Не знает терминов классификаций, основных принципов	Знает термины классификации, основные принципы, но допускает неточности формулировок	Знает термины классификации, основные принципы	Знает термины классификации, основные принципы, может корректно сформулировать их самостоятельно

Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все – полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полностью усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение проводить совместное моделирование типовых и нестандартных систем автоматики и механических систем	Не умеет проводить совместное моделирование типовых и нестандартных систем автоматики и механических систем	Умеет проводить совместное моделирование только простейших систем автоматики и механических систем	Умеет проводить совместное моделирование только типовых систем автоматики и механических систем	Умеет проводить совместное моделирование типовых и нестандартных систем автоматики и механических систем

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение навыками разработки алгоритмов управления отдельных	В принципе не понимает как разрабатываются алгоритмы управления отдельных	Имеет поверхностное представление о том как разрабатываются алгоритмы управления	Владеть базовыми навыками разработки алгоритмов управления отдельных	Владеть навыками разработки алгоритмов управления отдельных мехатронных

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
мехатронных модулей и робототехнических устройств манипуляционного и мобильного классов и их отладки с использованием технологий виртуального прототипирования	мехатронных модулей и робототехнических устройств манипуляционного и мобильного классов и их отладки с использованием технологий виртуального прототипирования	отдельных мехатронных модулей и робототехнических устройств манипуляционного и мобильного классов и их отладки с использованием технологий виртуального прототипирования	мехатронных модулей и робототехнических устройств манипуляционного и мобильного классов и их отладки с использованием технологий виртуального прототипирования	модулей и робототехнических устройств манипуляционного и мобильного классов и их отладки с использованием технологий виртуального прототипирования

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Лаборатория теории автоматического управления и моделирования средств управления УК 4, № 231	<ul style="list-style-type: none"> • Мультимедийный проектор, экран, ноутбук; интерактивная доска с соответствующим программным обеспечением; • проектор с переносным экраном; • 6 персональных компьютеров с доступом в сеть Интернет, • стенд для исследования мобильных роботов.
2	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронно-информационную образовательную среду; специализированная мебель
3	Методический кабинет	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023

3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	MathWorks	Лицензия №1145851 бессрочная
5	MSC Easy5, Patran, Nastran, Adams	Соглашение RE008959BST-1 от 26.11.2018

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Бушуев, Д.А. Лабораторный практикум по курсу «Системы автоматизированного проектирования»: учебное пособие [электронный ресурс] / Д.А. Бушуев. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 97 с. – Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Book/LoadPdfReader/2018112016133775500000652581>

2. Лукинов А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств / Лань. 2012. 608 с. (5 экз.)

3. Булгаков А. Г. Автоматизация и роботизация строительства / Инфра-М. 2013. (1 экз.)

4. Лукинов А.П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств / Лань. 2012 [электронный ресурс]. URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2765.

5. Климов А.С., Машнин Н.Е. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке / Лань. 2011 [электронный ресурс]. URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1804.

6. Лукинов, А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств : учеб. пособие /. – СПб. : Лань, 2012. – 608 с. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM)

7. Коровин, Б. Г. Системы программного управления промышленными установками и робототехническими комплексами : учеб. пособие для вузов / Б. Г. Коровин, Г. И. Прокофьев, Л. Н. Рассудов. – Л. : Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 352 с.

8. Шипов Д.Н. «Начальные шаги работы с ADAMS/View. Обучающее руководство». – М.: MSC Software Corp, 2003. – 58 стр.

9. Козырев, Ю. Г. Применение промышленных роботов : учеб. пособие для студентов вузов / Ю. Г. Козырев. - М. : КНОРУС, 2011. - 488 с.

10. Сольнищев, Р. И. Автоматизация проектирования гибких производственных систем / Р. И. Сольнищев, А. Е. Кононюк, Ф. М. Кулаков. - М. : Машиностроение, 1990. - 415 с.

11. Технологические основы гибких производственных систем: Учеб. для машиностроит. спец. вузов/ В. А. Медведев, В. П. Вороненке, В. Н. Брюха-

нов и др.; Под ред. Ю. М. Соломенцева.— 2-е изд., испр.— М.: Высш. шк., 2000.— 255с.

6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Семикопенко И. А. Механизация и роботизация строительства / Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова. 2009 (5 экз.).

2. Афонин, В. Л. Интеллектуальные робототехнические системы / Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ). 2016 [электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/22407>.

3. Каляев И.А., Лохин В.М., Макаров И.М., Манько С.В. Интеллектуальные роботы / Машиностроение. 2007. [электронный ресурс]. URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=769.

4. Сольнищев, Р. И. Автоматизация проектирования гибких производственных систем / Р. И. Сольнищев, А. Е. Кононюк, Ф. М. Кулаков. – М. : Машиностроение, 1990. – 415 с.

5. Иванов А.А. «MSC.Adams: Теория и элементы виртуального конструирования и моделирования». – М.: MSC Software Corp, 2003. – 97 с

6. Феоктистов М.Н. «Моделирование динамических эффектов управляемости автомобиля с использованием программных пакетов MSC.Adams и MSC.Nastran». – Нижний Новгород.: MSC Software Corp, 2004. – 40 с

7. Буров А.Г. «Совместное использование вычислительных пакетов MSC.Adams и MATLAB». – Санкт-Петербург.: MSC Software Corp, 2004. – 43 стр.

8. Георгиев А.Ф. «Моделирование динамических систем с помощью MSC.Adams и MSC.EASY5» – М.: MSC Software Corp, 2005. – 29 стр.

9. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы. Справочник. Справочник. — 2-е изд., перераб. и доп. —М.: Машиностроение, 1988 г. — 392 с.

6.3. Перечень интернет ресурсов

1. <http://www.elibrary.ru>- Научная электронная библиотека
2. <http://www.gpntb.ru/>- Государственная публичная научно-техническая библиотека России
3. <http://elibrary.bmstu.ru> – Библиотека МГТУ им. Н.Баумана
4. <http://www.viniti.ru> – Всероссийский институт научной информации по техническим наукам(ВИНИТИ)
5. <http://www.unilib.neva.ru/rus/>- Фундаментальная библиотека Санкт-Петербургского государственного политехнического университета
6. <http://elibrary.eltech.ru> – Библиотека Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета

7. <http://www.ntb.bstu.ru> и переход к системе NormaCS - Электронно-библиотечная система БГТУ им В.Г.Шухова

8. <http://scholar.google.com/> – научный Google, со всеми его гигантскими достоинствами и определенными маркетинговыми особенностями.

УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20____ / 20____ учебный год
без изменений.

Протокол № _____ заседания кафедры от «____» _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой _____ В. Г. Рубанов
подпись ФИО

Директор института _____ А. В. Белоусов
подпись ФИО