

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО ИРГУПС)

УТВЕРЖДЕНА
приказом и.о. ректора
от «17» июня 2022 г. № 77

Б1.О.12 Моделирование многозвенных систем и управление

рабочая программа дисциплины

Специальность/направление подготовки – 15.04.06 Мехатроника и робототехника

Специализация/профиль – Мехатроника и робототехника на транспорте

Квалификация выпускника – Магистр

Форма и срок обучения – очная форма 2 года

Кафедра-разработчик программы – Автоматизация производственных процессов

Общая трудоемкость в з.е. – 3

Часов по учебному плану (УП) – 108

В том числе в форме практической подготовки (ПП) –

8

(очная)

Формы промежуточной аттестации

очная форма обучения:

зачет 2 семестр

Очная форма обучения		Распределение часов дисциплины по семестрам	
Семестр	2	Итого	
Вид занятий	Часов по УП	Часов по УП	
Аудиторная контактная работа по видам учебных занятий/ в т.ч. в форме ПП*	34/8	34/8	
– лекции	17	17	
– практические (семинарские)			
– лабораторные	17/8	17/8	
Самостоятельная работа	74	74	
Итого	108/8	108/8	

* В форме ПП – в форме практической подготовки.

ИРКУТСК

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИРГУПС и соответствует оригиналу
Подписант ФГБОУ ВО ИРГУПС Трофимов Ю.А. 00a73c5b7b623a969ccad43a81ab346d50 с 08.12.2022 14:32 по 02.03.2024 14:32 GMT+03:00
Подпись соответствует файлу документа



Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – магистратура по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника, утвержденным Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 14.08.2020 № 1023.

Программу составил(и):

д.т.н., профессор, профессор, С.П. Круглов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена для использования в учебном процессе на заседании кафедры «Автоматизация производственных процессов», протокол от «17» июня 2022 г. № 16

Зав. кафедрой, к.т.н., доцент

А.А. Александров

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1 Цели дисциплины	
1	формирование комплекса знаний умений и владений в области математического моделирования многозвенных систем и построения законов управления ими в транспортной мехатронике и робототехнике;
2	обеспечение системой знаний о состоянии и перспективах развития теории и практики использования математического моделирования и построения законов управления движением многозвенных систем в транспортной мехатронике и робототехнике в нашей стране и за рубежом
1.2 Задачи дисциплины	
1	изучение методов математического описания кинематики и динамики многозвенных механических систем, решения прямых и обратных задач динамики;
2	изучение методов моделирования и исследования свойств многозвенных систем;
3	изучение методов формирования законов и алгоритмов управления многозвенными системами для решения прикладных задач

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП	
Блок/часть ОПОП	Блок 1. Дисциплины / Обязательная часть
2.1 Дисциплины и практики, на которых основывается изучение данной дисциплины	
1	Б1.О.08 Информационно-измерительные системы
2	Б1.О.13 Мехатронные и робототехнические системы на транспорте
3	Б1.О.14 Виртуальные инструментальные средства
4	Б1.В.ДВ.04.01 Интерфейсы мехатронных систем
5	ФТД.02 Защита интеллектуальной собственности
2.2 Дисциплины и практики, для которых изучение данной дисциплины необходимо как предшествующее	
1	Б1.О.11 Системы технического зрения
2	Б1.В.ДВ.01.01 Адаптивные системы управления в мехатронике
3	Б1.В.ДВ.02.01 Теория эксперимента в исследованиях систем
4	Б1.В.ДВ.05.01 Трансфер мехатронных технологий
5	Б1.В.ДВ.06.01 Методы искусственного интеллекта в мехатронике и робототехнике
6	Б2.О.01(У) Учебная - ознакомительная практика
7	Б2.О.02(Н) Производственная - научно-исследовательская работа
8	Б2.О.04(Пд) Производственная - преддипломная практика
9	Б3.01(Д) Выполнение, подготовка к процедуре защиты выпускной квалификационной работы
10	Б3.02(Д) Защита выпускной квалификационной работы

3 ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ТРЕБОВАНИЯМИ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ		
Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетеоретические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК-1.2 Способен применять типовые методы и способы моделирования мехатронных и робототехнических объектов	Знать: методы математического описания кинематики и динамики многозвенных систем; методы решения прямой и обратной задачи динамики
		Уметь: строить математические модели многозвенных механических систем для описания статических и динамических свойств этих систем; строить математические модели с учетом влияния внешних возмущения, воздействия приводов и силовых элементов
		Владеть: навыками решения типовых задач анализа статических характеристик многозвенных систем; навыками решения типовых задач анализа динамических характеристик многозвенных систем
ОПК-4 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при моделировании	ОПК-4.1 Знает современные программные среды для моделирования и анализа мехатронных и робототехнических систем	Знать: методы имитационного моделирования динамики многозвенных систем с помощью компьютерных сред; методы анализа моделей по компьютерным моделям многозвенных систем
		Уметь: определять характеристики многозвенных систем по их моделям; методы исследования разрабатываемых систем и устройств на основе информационных технологий

технологических процессов		Владеть: навыками имитационного моделирования многозвенных систем в компьютерных программах; навыками решения типовых задач исследования разрабатываемых систем и устройств на основе информационных технологий
ПК-1 Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области мехатроники и робототехники	ПК-1.1 Осуществляет обработку и анализ научно-технической информации, включая патентную документацию, обобщает отечественный и зарубежный опыт в области мехатроники и робототехники, автоматизации и управления, и составляет отчет о проведенном анализе	Знать: перечень основных подходов к моделированию многозвенных систем; типовые законы управления многозвенными системами
		Уметь: составлять типовые модели многозвенных систем в программных пакетах; методы построения законов управления многозвенными системами и их алгоритмической реализации
		Владеть: навыками решения типовых задач исследования разрабатываемых систем и устройств на основе компьютерных программ; приемами синтеза типовых законов управления многозвенными системами

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код	Наименование разделов, тем и видов работ	Очная форма				*Код индикатора достижения компетенции
		Семестр	Часы			
			Лек	Пр	Лаб	
1.0	Раздел 1. Кинематические соотношения многозвенных механических систем.					
1.1	Тема 1. Многозвенные механические системы. Представление Денавита-Хартенберга для описания математической модели многозвенной системы (Л)	2	5		12	ОПК-1.2
1.2	Тема 2. Исследование методов моделирования многозвенных систем в программной среде Matlab (ЛР)	2		4/2	8	ОПК-1.2 ОПК-4.1
2.0	Раздел 2. Динамика многозвенных систем.					
2.1	Тема 3. Методы описания динамики многозвенных систем. Описание на основе уравнения Эйлера-Лагранжа. Общая кинетическая и потенциальная энергия. Общие уравнения динамики (Л)	2	6		16	ОПК-1.2
2.2	Тема 4. Построение математических моделей многозвенных систем в аналитическом виде (Л)	2	2		8	ОПК-1.2
2.3	Тема 5. Исследование динамики движения многозвенных систем в программных средах (ЛР)	2		6/3	10	ОПК-1.2 ОПК-4.1 ПК-1.1
3.0	Раздел 3. Синтез законов управления многозвенными системами.					
3.1	Тема 6. Синтез законов управления на основе обратной задачи динамики (Л)	2	2		4	ПК-1.1
3.2	Тема 7. Синтез законов управления на основе линеаризации уравнений динамики (Л)	2	1		5	ПК-1.1
3.3	Тема 8. Построение заданных траекторий манипулятора (Л)	2	1		5	ПК-1.1
3.4	Тема 9. Исследование типовых методов управления манипулятором (ЛР)	2		7/3	6	ОПК-1.2 ОПК-4.1 ПК-1.1
	Форма промежуточной аттестации – зачет	2				ОПК-1.2 ОПК-4.1 ПК-1.1
	Итого часов (без учёта часов на промежуточную аттестацию)		17		17/8	74

5 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине оформлен в виде приложения № 1 к рабочей программе дисциплины и размещен в электронной информационно-образовательной среде Университета, доступной обучающемуся через его личный кабинет

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ		
6.1 Учебная литература		
6.1.1 Основная литература		
	Библиографическое описание	Кол-во экз. в библиотеке/ онлайн
6.1.1.1	Герман-Галкин, С. Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК :/ С. Г. Герман-Галкин. Санкт-Петербург : КОРОНА-Век, 2008. - 367с.	5
6.1.1.2	Первозванский, А. А. Курс теории автоматического управления : учеб. пособие - Изд. 3-е, стер. / А. А. Первозванский ; авт. предисл. Б. Т. Поляк. СПб. : Лань, 2015. - 624с.	Онлайн
6.1.1.3	Хайманн, Б. Мехатроника: Компоненты, методы, примеры :/ Б. Хайманн [и др.] ; ред.: О. В. Репецкий ; пер. с нем.: И. В. Блем [и др.]. Новосибирск : СО РАН, 2010. - 601с.	5
6.1.2 Дополнительная литература		
	Библиографическое описание	Кол-во экз. в библиотеке/ онлайн
6.1.2.1	Бегун, П. И. Прикладная механика : учебник - 2-е изд., перераб. и доп. / П. И. Бегун, О. П. Кормилицын. СПб. : Политехника, 2006. - 463с.	Онлайн
6.1.2.2	Пупков, К. А. Методы современной теории автоматического управления : учеб. в 5 т. - Изд. 2-е, перераб. и доп. / К. А. Пупков [и др.]. М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. - 784с.	6
6.1.2.3	Тарасян, В.С. Моделирование кинематики плоских многозвенных механизмов в среде MatLab : учебное пособие / рец.: Б. М. Готлиб, Ю. Ф. Долгий. Екатеринбург : УрГУПС, 2018. - 94с. - Текст: электронный. - URL: https://umczdt.ru/books/1306/263295/	Онлайн
6.1.3 Учебно-методические разработки (в т. ч. для самостоятельной работы обучающихся)		
	Библиографическое описание	Кол-во экз. в библиотеке/ онлайн
6.1.3.1	Круглов, С.П. Методические указания по изучению дисциплины Б1.О.12 Моделирование многозвенных систем и управление по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника, профиль Мехатроника и робототехника на транспорте / С.П. Круглов; ИрГУПС. – Иркутск : ИрГУПС, 2023. – 13 с. - Текст: электронный. - URL: https://www.irgups.ru/eis/for_site/umkd_files/mu_3495_1508_2022_1_signed.pdf	Онлайн
6.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»		
6.2.1	Мусалимов В.М., Заморуев Г.Б., Калапышина И.И., Перечесова А.Д., Нуждин К.А. Моделирование мехатронных систем в среде MATLAB (Simulink / SimMechanics): Учебное пособие. - Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2014. - 114 с. https://books.ifmo.ru/book/1216/modelirovanie_mehatronnyh_sistem_v_srede_MATLAB_(Simulink/_SimMechanics):_uchebnoe_posobie..htm	
6.2.2	Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» — https://cyberleninka.ru/	
6.2.3	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU — https://elibrary.ru/	
6.2.4	Электронно-библиотечная система «BOOK.ru», https://www.book.ru/	
6.2.5	Электронно-библиотечная система «Издательство Лань», https://e.lanbook.com/	
6.2.6	Электронно-библиотечная система «Образовательная платформа ЮРАЙТ», https://urait.ru/	
6.2.7	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн», https://biblioclub.ru/	
6.3 Программное обеспечение и информационные справочные системы		
6.3.1 Базовое программное обеспечение		
6.3.1.1	Microsoft Windows Professional 10, государственный контракт от 20.07.2021 № 0334100010021000013-01	
6.3.1.2	Microsoft Office Russian 2010, государственный контракт от 20.07.2021 № 0334100010021000013-01	
6.3.1.3	FoxitReader, свободно распространяемое программное обеспечение http://free-software.com.ua/pdf-viewer/foxit-reader/	
6.3.1.4	Adobe Acrobat Reader DC свободно распространяемое программное обеспечение https://get.adobe.com/ru/reader/enterprise/	
6.3.1.5	Яндекс. Браузер. Прикладное программное обеспечение общего назначения, Офисные приложения, лицензия – свободно распространяемое программное обеспечение по лицензии BSD License	

6.3.2 Специализированное программное обеспечение	
6.3.2.1	MathCAD_student 15.0 Academic License, Customer Number 434692, контракт от 03.12.2012 № 0334100010012000148-0000756-01
6.3.2.2	MatLab Classroom, R2015a, R2015b, контракт от 09.07.2014 № 0334100010014000028-0000756-01.
6.3.2.3	MatLab Classroom, R2010a, R2010b, лицензия от 16.03.2011 № 689810, ГК № 0334100010011000032-00000756-01
6.3.2.4	Simulink Classroom R2010a, R2010b, лицензия № 689810 сетевая, государственный контракт от 06.07.2011 №334100010011000114-0000756-01
6.3.3 Информационные справочные системы	
6.3.3.1	Не предусмотрены
6.4 Правовые и нормативные документы	
6.4.1	Не предусмотрены

7 ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	
1	Корпуса А, Б, В, Г, Д, Е ИрГУПС находятся по адресу г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15; корпус Л ИрГУПС находится – по адресу г. Иркутск, ул. Лермонтова, д.80
2	Учебная аудитория Д-408*(408-1) Компьютерный класс – «Моделирование технических систем управления» для проведения практических занятий, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), текущего контроля и промежуточной аттестации Основное оборудование: Специализированная мебель, компьютеры с подключением к сети Интернет, обеспечивающие доступ в электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС, мультимедиапроектор, экран, ноутбук переносной. Для проведения занятий имеются учебно-наглядные пособия (презентации, плакаты)
3	Учебная аудитория Д-410 для проведения лекционных и практических занятий, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), текущего контроля и промежуточной аттестации Основное оборудование: специализированная мебель, мультимедиапроектор (переносной), экран, (ноутбук переносной). Для проведения занятий имеются учебно-наглядные пособия (презентации, плакаты)
4	Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС. Помещения для самостоятельной работы обучающихся: – читальные залы; – учебные залы вычислительной техники А-401, А-509, А-513, А-516, Д-501, Д-503, Д-505, Д-507; – помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования – А-521

8 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	
Вид учебной деятельности	Организация учебной деятельности обучающегося
Лекция	<p>Лекция (от латинского «lection» – чтение) – вид аудиторных учебных занятий. Лекция: закладывает основы научных знаний в систематизированной, последовательной, обобщенной форме; раскрывает состояние и перспективы развития соответствующей области науки и техники; концентрирует внимание обучающихся на наиболее сложных, узловых вопросах; стимулирует познавательную активность обучающихся.</p> <p>Во время лекционных занятий обучающийся должен уметь сконцентрировать внимание на изучаемых проблемах и включить в работу все виды памяти: словесную, образную и моторно-двигательную. Для этого весь материал, излагаемый преподавателем, обучающемуся необходимо конспектировать. На полях конспекта следует пометить вопросы, выделенные обучающимся для консультации с преподавателем. Выводы, полученные в виде формул, рекомендуется в конспекте подчеркивать или обводить рамкой, чтобы лучше запоминались. Полезно составить краткий справочник, содержащий определения важнейших понятий лекции. К каждому занятию следует разобрать материал предыдущей лекции. Изучая материал по учебнику или конспекту лекций, следует переходить к следующему вопросу только в том случае, когда хорошо усвоен предыдущий вопрос. Ряд вопросов дисциплины может быть вынесен на самостоятельное изучение. Такое задание требует оперативного выполнения. В конспекте лекций необходимо оставить место для освещения упомянутых вопросов. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, то необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии</p>

<p>Практическое занятие</p>	<p>Практическое занятие – вид аудиторных учебных занятий, целенаправленная форма организации учебного процесса, при реализации которой обучающиеся по заданию и под руководством преподавателя выполняют практические задания. Практические задания направлены на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами работы, в процессе которых вырабатываются умения и навыки выполнения тех или иных учебных действий в данной сфере науки. Практические занятия развивают научное мышление и речь, позволяют проверить знания обучающихся, выступают как средства оперативной обратной связи; цель практических занятий – углублять, расширять, детализировать знания, полученные на лекции, в обобщенной форме и содействовать выработке навыков профессиональной деятельности.</p> <p>На практических занятиях подробно рассматриваются основные вопросы дисциплины, разбираются основные типы задач. К каждому практическому занятию следует заранее самостоятельно выполнить домашнее задание и выучить лекционный материал к следующей теме. Систематическое выполнение домашних заданий обязательно и является важным фактором, способствующим успешному усвоению дисциплины</p>
<p>Лабораторная работа</p>	<p>Основной целью лабораторных работ является теоретическое обоснование, наглядное и/или экспериментальное подтверждение и/или проверка существенных теоретических положений (законов, закономерностей) анализ существующих методик и методов их реализации и т.д. Они занимают преимущественное место при изучении дисциплин обязательной части и части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1.</p> <p>Исходя из цели, содержанием лабораторных работ могут быть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - экспериментальная проверка формул, методик расчета; - проведение натурных измерений свойств, рабочих параметров, режимов работы при помощи лабораторного оборудования и/или стендов и макетов; - ознакомление, анализ и теоретические выкладки по устройству, принципу действия и способам обслуживания аппаратов, деталей машин, механизмов, процессов, протекающих в них при этом и т.д.; - наглядная графическая интерпретация чертежей, схем, объемных поверхностей и т.д., воспроизводимых с помощью специализированного программного обеспечения; - имитационное моделирование процессов, протекающих в сложных химических, физических, механических, электрических и пр. объектах; - наглядное представление о работе персонала конкретной организации или подразделения ОАО «РЖД» посредством моделирования штатных и внештатных ситуаций в виртуальных специализированных АРМ (автоматизированных рабочих мест); - установление и подтверждение закономерностей (путем сравнения проведенного эксперимента и рассчитанных значений) и т.д.; - ознакомление с методиками проведения экспериментов, наглядным устройством стенд-макетов и пр.; - установление свойств веществ, их качественных и количественных характеристик; - анализ различных характеристик процессов, в том числе производственных и иных процессов; - расчет параметров различных явлений и процессов, смоделировать которые не возможно в реальных условиях (например, чрезвычайные ситуации и пр.); - наблюдение развития явлений, процессов и др. <p>Допускается иное содержание лабораторных работ, если это будет способствовать реализации целей и задач дисциплины и формированию соответствующих компетенций.</p> <p>По характеру выполняемых лабораторных работ возможны:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ознакомительные работы, используемые для закрепления изученного теоретического материалы; - аналитические работы, используемые для получения новой информации на основе формализованных методов; - творческие работы, ориентированные на самостоятельный выбор подходов решения задач. <p>Прежде, чем приступить к лабораторным занятиям, обучающимся необходимо повторить теоретический материал по теме работы. Каждая лабораторная работа оснащена методическими указаниями, разработанными преподавателями, ведущими дисциплину</p>
<p>Самостоятельная работа</p>	<p>Обучение по дисциплине «Моделирование многозвенных систем и управление» предусматривает активную самостоятельную работу обучающегося. В разделе 4 рабочей программы, который называется «Структура и содержание дисциплины», все часы самостоятельной работы расписаны по темам и вопросам, а также указана необходимая учебная литература: обучающийся изучает учебный материал, разбирает примеры и решает разноуровневые задачи в рамках выполнения как общих домашних заданий, так и индивидуальных домашних заданий (ИДЗ) и других видов работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины. При выполнении домашних заданий обучающемуся следует</p>

обратиться к задачам, решенным на предыдущих практических занятиях, решенным домашним работам, а также к примерам, приводимым лектором. Если этого будет недостаточно для выполнения всей работы можно дополнительно воспользоваться учебными пособиями, приведенными в разделе 6.1 «Учебная литература». Если, несмотря на изученный материал, задание выполнить не удастся, то в обязательном порядке необходимо посетить консультацию преподавателя, ведущего практические занятия, и/или консультацию лектора.

Домашние задания, индивидуальные домашние задания и другие работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины должны быть выполнены обучающимся в установленные преподавателем сроки в соответствии с требованиями к оформлению текстовой и графической документации, сформулированным в Положении «Требования к оформлению текстовой и графической документации. Нормоконтроль»

Комплекс учебно-методических материалов по всем видам учебной деятельности, предусмотренным рабочей программой дисциплины (модуля), размещен в электронной информационно-образовательной среде ИРГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет

Приложение № 1 к рабочей программе

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации**

1. Общие положения

Фонд оценочных средств (ФОС) является составной частью нормативно-методического обеспечения системы оценки качества освоения обучающимися образовательной программы.

Фонд оценочных средств предназначен для использования обучающимися, преподавателями, администрацией ИрГУПС, а также сторонними образовательными организациями для оценивания качества освоения образовательной программы и уровня сформированности компетенций у обучающихся.

Задачами ФОС являются:

- оценка достижений обучающихся в процессе изучения дисциплины;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс;
- самоподготовка и самоконтроль обучающихся в процессе обучения.

Фонд оценочных средств сформирован на основе ключевых принципов оценивания: валидность, надежность, объективность, эффективность.

Для оценки уровня сформированности компетенций используется трехуровневая система:

- минимальный уровень освоения, обязательный для всех обучающихся по завершению освоения образовательной программы; дает общее представление о виде деятельности, основных закономерностях функционирования объектов профессиональной деятельности, методов и алгоритмов решения практических задач;

- базовый уровень освоения, превышение минимальных характеристик сформированности компетенций; позволяет решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам;

- высокий уровень освоения, максимально возможная выраженность характеристик компетенций; предполагает готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении.

2. Перечень компетенций, в формировании которых участвует дисциплина.

Программа контрольно-оценочных мероприятий. Показатели оценивания компетенций, критерии оценки

Дисциплина «Моделирование многозвенных систем и управление» участвует в формировании компетенций:

ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

ОПК-4. Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов

ПК-1. Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области мехатроники и робототехники

Программа контрольно-оценочных мероприятий очная форма обучения

№	Наименование контрольно-оценочного мероприятия	Объект контроля	Код индикатора достижения компетенции	Наименование оценочного средства (форма проведения*)
2 семестр				
1.0	Раздел 1. Кинематические соотношения многозвенных механических систем			
1.1	Текущий контроль	Тема 1. Многозвенные механические системы. Представление Денавита-Хартенберга для описания математической модели многозвенной системы (Л)	ОПК-1.2	Конспект (письменно)
1.2	Текущий контроль	Тема 2. Исследование методов моделирования многозвенных систем в программной среде Matlab (ЛР)	ОПК-1.2 ОПК-4.1	Собеседование (устно) В рамках ПП**: Лабораторная работа (письменно/устно)
2.0	Раздел 2. Динамика многозвенных систем			
2.1	Текущий контроль	Тема 3. Методы описания динамики многозвенных систем. Описание на основе уравнения Эйлера-Лагранжа. Общая кинетическая и потенциальная энергия. Общие уравнения динамики (Л)	ОПК-1.2	Конспект (письменно)
2.2	Текущий контроль	Тема 4. Построение математических моделей многозвенных систем в аналитическом виде (Л)	ОПК-1.2	Конспект (письменно)
2.3	Текущий контроль	Тема 5. Исследование динамики движения многозвенных систем в программных средах (ЛР)	ОПК-1.2 ОПК-4.1 ПК-1.1	Собеседование (устно) В рамках ПП**: Лабораторная работа (письменно/устно)
3.0	Раздел 3. Синтез законов управления многозвенными системами			
3.1	Текущий контроль	Тема 6. Синтез законов управления на основе обратной задачи динамики (Л)	ПК-1.1	Конспект (письменно)
3.2	Текущий контроль	Тема 7. Синтез законов управления на основе линеаризации уравнений динамики (Л)	ПК-1.1	Конспект (письменно)
3.3	Текущий контроль	Тема 8. Построение заданных траекторий манипулятора (Л)	ПК-1.1	Конспект (письменно)
3.4	Текущий контроль	Тема 9. Исследование типовых методов управления манипулятором (ЛР)	ОПК-1.2 ОПК-4.1 ПК-1.1	Собеседование (устно) В рамках ПП**: Лабораторная работа (письменно/устно)

	Промежуточная аттестация	Зачет	ОПК-1.2 ОПК-4.1 ПК-1.1	Зачет (собеседование) Зачет - тестирование (компьютерные технологии)
--	--------------------------	-------	------------------------------	--

*Форма проведения контрольно-оценочного мероприятия: устно, письменно, компьютерные технологии.

**ПП – практическая подготовка

Описание показателей и критериев оценивания компетенций.

Описание шкал оценивания

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация обучающихся проводятся в целях установления соответствия достижений обучающихся поэтапным требованиям образовательной программы к результатам обучения и формирования компетенций.

Текущий контроль успеваемости – основной вид систематической проверки знаний, умений, навыков обучающихся. Задача текущего контроля – оперативное и регулярное управление учебной деятельностью обучающихся на основе обратной связи и корректировки. Результаты оценивания учитываются в виде средней оценки при проведении промежуточной аттестации.

Для оценивания результатов обучения используется четырехбалльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и двухбалльная шкала: «зачтено», «не зачтено».

Перечень оценочных средств, используемых для оценивания компетенций, а также краткая характеристика этих средств приведены в таблице.

Текущий контроль

№	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Собеседование	Средство контроля на практическом занятии, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Может быть использовано для оценки знаний обучающихся	Вопросы для собеседования по темам/разделам дисциплины
2	Конспект	Особый вид текста, в основе которого лежит аналитико-синтетическая переработка информации первоисточника (исходного текста). Цель этой деятельности — выявление, систематизация и обобщение (с возможной критической оценкой) наиболее ценной (для конспектирующего) информации. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Темы конспектов
3	Лабораторная работа	Средство, позволяющее оценить умение обучающегося письменно/устно излагать суть поставленной задачи, самостоятельно применять стандартные методы решения поставленной задачи с использованием имеющейся лабораторной базы, проводить анализ полученного результата работы. Может быть использовано для оценки умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Образец задания для выполнения лабораторной работы и примерный перечень вопросов для ее защиты

Промежуточная аттестация

№	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
---	----------------------------------	--	---

1	Зачет	Средство, позволяющее оценить знания, умения, навыков и (или) опыта деятельности обучающегося по дисциплине. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Перечень теоретических вопросов и практических заданий к зачету
2	Тест – промежуточная аттестация в форме зачета	Система автоматизированного контроля освоения компетенций (части компетенций) обучающимся по дисциплине (модулю) с использованием информационно-коммуникационных технологий. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Фонд тестовых заданий

Критерии и шкалы оценивания компетенций в результате изучения дисциплины при проведении промежуточной аттестации в форме зачета. Шкала оценивания уровня освоения компетенций

Шкала оценивания	Критерии оценивания	Уровень освоения компетенции
«зачтено»	Обучающийся правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках учебного материала. Правильно выполнил практические задания. Показал отличные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы	Высокий
	Обучающийся с небольшими неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал хорошие знания в рамках учебного материала. С небольшими неточностями выполнил практические задания. Показал хорошие умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов	Базовый
	Обучающийся с существенными неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал удовлетворительные знания в рамках учебного материала. С существенными неточностями выполнил практические задания. Показал удовлетворительные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Допустил много неточностей при ответе на дополнительные вопросы	Минимальный
«не зачтено»	Обучающийся при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов	Компетенция не сформирована

Тест – промежуточная аттестация в форме зачета

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«зачтено»	Обучающийся верно ответил на 70 % и более тестовых заданий при прохождении тестирования
«не зачтено»	Обучающийся верно ответил на 69 % и менее тестовых заданий при прохождении тестирования

Критерии и шкалы оценивания результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости

Собеседование

Шкалы оценивания		Критерии оценивания
«отлично»	«зачтено»	Глубокое и прочное усвоение программного материала. Полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания. Обучающийся свободно справляется с поставленными задачами, может обосновать принятые решения, демонстрирует владение разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ
«хорошо»		Знание программного материала, грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос, правильное применение теоретических знаний, владение необходимыми навыками при выполнении практических задач
«удовлетворительно»		Обучающийся демонстрирует усвоение основного материала, при ответе допускаются неточности, при ответе недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении программного материала, затруднения в выполнении практических заданий Слабое знание программного материала, при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических работ
«неудовлетворительно»	«не зачтено»	Не было попытки выполнить задание

Конспект

Шкалы оценивания		Критерии оценивания
«отлично»	«зачтено»	Конспект по теме выполнен в обозначенный преподавателем срок. Конспект выполнен обучающимся по заданной теме в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Обучающийся работал полностью самостоятельно; раскрыл тему полностью и ответил на все вопросы преподавателя по конкретной теме конспекта. Конспект оформлен аккуратно, в наиболее оптимальной для фиксации результатов форме
«хорошо»		Конспект по теме выполнен в обозначенный преподавателем срок. Конспект выполнен обучающимся по заданной теме в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Обучающийся работал полностью самостоятельно; раскрыл тему не полностью и ответил на часть вопросов преподавателя по конкретной теме конспекта. Конспект оформлен аккуратно, с незначительными исправлениями
«удовлетворительно»		Конспект по теме выполнен в обозначенный преподавателем срок. Конспект выполнен обучающимся по заданной теме в не полном объеме с частичным соблюдением необходимой последовательности. Обучающийся работал полностью самостоятельно; раскрыл тему не полностью и ответил на часть вопросов преподавателя по конкретной теме конспекта. Конспект оформлен не аккуратно
«неудовлетворительно»	«не зачтено»	Конспект по теме не выполнен в обозначенный преподавателем срок. Конспект выполнен обучающимся не по заданной теме в не полном объеме без соблюдения необходимой последовательности. Обучающийся работал не самостоятельно; не раскрыл тему и не ответил на вопросы преподавателя по конкретной теме конспекта. Конспект оформлен не аккуратно

Лабораторная работа

Шкалы оценивания		Критерии оценивания
«отлично»	«зачтено»	Лабораторная работа выполнена в обозначенный преподавателем срок, письменный отчет без замечаний. Лабораторная работа выполнена обучающимся в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Обучающийся работал полностью самостоятельно; показал необходимые для

		проведения работы теоретические знания, практические умения и навыки. Работа (отчет) оформлена аккуратно, в наиболее оптимальной для фиксации результатов форме
«хорошо»		Лабораторная работа выполнена в обозначенный преподавателем срок, письменный отчет с небольшими недочетами. Лабораторная работа выполнена обучающимся в полном объеме и самостоятельно. Допущены отклонения от необходимой последовательности выполнения, не влияющие на правильность конечного результата. Работа показывает знание обучающимся основного теоретического материала и овладение умениями, необходимыми для самостоятельного выполнения работы. Допущены неточности и небрежность в оформлении результатов работы (отчета)
«удовлетворительно»		Лабораторная работа выполнена с задержкой, письменный отчет с недочетами. Лабораторная работа выполняется и оформляется обучающимся при посторонней помощи. На выполнение работы затрачивается много времени. Обучающийся показывает знания теоретического материала, но испытывает затруднение при самостоятельной работе с источниками знаний или приборами
«неудовлетворительно»	«не зачтено»	Лабораторная работа не выполнена, письменный отчет не представлен. Результаты, полученные обучающимся, не позволяют сделать правильных выводов и полностью расходятся с поставленной целью. Показывается плохое знание теоретического материала и отсутствие необходимых умений. Лабораторная работа не выполнена, у учащегося отсутствуют необходимые для проведения работы теоретические знания, практические умения и навыки

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

3.1 Типовые контрольные задания для проведения собеседования

Контрольные варианты заданий выложены в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет.

Ниже приведен образец типовых вариантов заданий для проведения собеседований.

Образец типового варианта вопросов для проведения собеседования
«Тема 2. Исследование методов моделирования многозвенных систем в программной среде Matlab (JP)»

1. Основные правила построение модели механизма в среде SimMechanics.
2. Используемые примитивы в среде SimMechanics.
3. Как в среде SimMechanics реализовать визуализацию динамики движения моделируемого механизма?
4. Как связать модель механизма с блоками Simulink, для чего это нужно?
5. Ограничения на модели механических систем в среде SimMechanics.

- Образец типового варианта вопросов для проведения собеседования
«Тема 11. Исследование типовых методов управления манипулятором (JP)»
1. Метод решения обратной задачи динамики многозвенной системы по назначенной траектории.
 2. Метод решения обратной задачи динамики по назначенной эталонной модели.
 3. Линеаризация уравнений движения многозвенной системы.
 4. Планирование траекторий многозвенной системы в пространстве обобщенных координат.
 5. Программные среды для моделирования и исследования многозвенных систем.

3.2 Типовые контрольные задания для написания конспекта

Контрольные варианты заданий выложены в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет.

Ниже приведен образец типовых вариантов заданий для написания конспектов.

Образец тем конспектов

«Тема 1. Многозвенные механические системы. Представление Денавита-Хартенберга для описания математической модели многозвенной системы (Л)»

6. Кинематические схемы современных многозвенных манипуляторов.
7. Матрица поворота подвижной системы координат вокруг заданной оси абсолютной системы координат.
8. Представление Денавита-Хартенберга и его особенности.
9. Модификация представления Денавита-Хартенберга по Крейгу.
10. Тригонометрический подход при решении обратной задачи кинематики.
11. Метод обратных преобразований при решении обратной задачи кинематики.
12. Итерационный метод при решении обратной задачи кинематики.

Образец тем конспектов

«Тема 3. Методы описания динамики многозвенных систем. Описание на основе уравнения Эйлера-Лагранжа. Общая кинетическая и потенциальная энергия. Общие уравнения динамики (Л)»

1. Метод Лагранжа-Эйлера для описания динамики многозвенных систем.
2. Способ описания скорости произвольной точки любого звена манипулятора.
3. Общее описание кинематической энергии манипулятора.
4. Общее описание потенциальной энергии манипулятора.
5. Матричное уравнение динамики движения манипулятора.

3.3 Типовые задания для выполнения лабораторной работы и примерный перечень вопросов для ее защиты

Контрольные варианты заданий выложены в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет.

Ниже приведен образец типовых вариантов заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты.

Образец заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты

«Тема 2. Исследование методов моделирования многозвенных систем в программной среде Matlab (ЛР)»

1. Основные свойства пакета SimMechanics?
2. Перечислите основные библиотечные блоки пакета SimMechanics, для чего они используются?
3. Особенности настройки блока «Body»?
4. Особенности настройки блока «Revolute»?

Образец заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты

«Тема 5. Исследование динамики движения многозвенных систем в программных средах (ЛР)»

1. Назовите основные требования к моделям в пакете SimMechanics?
2. Перечислите правила построения модели сложного механизма в пакете SimMechanics?
3. Как задать параметры блока, моделирующего пружину?

4. Как рассчитать тензор инерции звена механизма, представляющего собой монолитный стержень с заданной массой и геометрическими параметрами?
5. Объясните результаты моделирования, соотнесите их с физикой явлений.

Образец заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты

«Тема 11. Исследование типовых методов управления манипулятором (ЛР)»

1. Назовите основные способы синтеза закона управления на основе обратной задачи динамики?
2. Запишите основные соотношения синтеза закона управления на основе обратной задачи динамики.
3. Назовите известные Вам методы синтеза законов управления многозвенной механической системой по ее линеаризованному описанию.
4. Запишите основные соотношения синтеза закона управления по назначенной эталонной модели.
5. Запишите линеаризованное матричное уравнение движения многозвенной механической системы, как оно получено, в чем его ограниченность использования?
6. Объясните полученные результаты исследований.

3.4 Типовые контрольные задания для проведения тестирования

Фонд тестовых заданий по дисциплине содержит тестовые задания, распределенные по разделам и темам, с указанием их количества и типа.

Структура фонда тестовых заданий по дисциплине

Индикатор достижения компетенции	Тема в соответствии с РПД/РПП	Характеристика ТЗ	Количество тестовых заданий, типы ТЗ
ОПК-1.2	Тема 1. Многозвенные механические системы. Представление Денавита-Хартенберга для описания математической модели многозвенной системы (Л)	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ОПК-1.2 ОПК-4.1	Тема 2. Исследование методов моделирования многозвенных систем в программной среде Matlab (ЛР)	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/действие	3 – ЗТЗ
ОПК-1.2	Тема 3. Методы описания динамики многозвенных систем. Описание на основе уравнения Эйлера-Лагранжа. Общая кинетическая и потенциальная энергия. Общие уравнения динамики (Л)	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ОПК-1.2	Тема 4. Построение математических моделей многозвенных систем в аналитическом виде (Л)	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ОПК-1.2 ОПК-4.1 ПК-1.1	Тема 5. Исследование динамики движения многозвенных систем в программных средах (ЛР)	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ

		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	3 – ЗТЗ
ПК-1.1	Тема 6. Синтез законов управления на основе обратной задачи динамики (Л)	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-1.1	Тема 7. Синтез законов управления на основе линеаризации уравнений динамики (Л)	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-1.1	Тема 8. Построение заданных траекторий манипулятора (Л)	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ОПК-1.2 ОПК-4.1 ПК-1.1	Тема 9. Исследование типовых методов управления манипулятором (ЛР)	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	3 – ЗТЗ
		Итого	81

Полный комплект ФТЗ хранится в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС и обучающийся имеет возможность ознакомиться с демонстрационным вариантом ФТЗ.

Ниже приведен образец типового варианта итогового теста, предусмотренного рабочей программой дисциплины.

1. Какие допущения используются для описания кинематических соотношений многозвенных систем (выберите правильный ответ):

- А) нет параллельно соединенных звеньев
- Б) звенья являются абсолютно жесткими
- В) сочленения являются кинематическими парами 5 класса
- Г) все из перечисленного *

2. Приведите определение прямой задачи кинематики для многозвенного манипулятора (введите краткий ответ): «по заданным параметрам манипулятора и заданным значениям присоединенных переменных определить координаты и угловое положение рабочей точки схвата в абсолютном пространстве»

3. Установите соответствие между задачами кинематики для многозвенного манипулятора:

- | | |
|-------------------------------|--|
| А) прямая задача кинематики | 1) по заданным параметрам манипулятора и заданным значениям присоединенных переменных определить координаты и угловое положение рабочей точки схвата в абсолютном пространстве (А) |
| Б) обратная задача кинематики | 2) по заданным параметрам манипулятора заданным координатам рабочей точки схвата и его |

пространственному углу в абсолютной системе координат определить значения присоединенных переменных (Б)

4. Приведите определение вектора присоединенных переменных многозвенного манипулятора (введите краткий ответ) «вектор, составленный из переменных, определяющих взаимное положение соседних звеньев манипулятора»

5. Взаимосвязь координат вектора в одной системе координат с координатами другой системы координат, повернутой относительно первой описывается (выберите правильный ответ):

- А) матрицей поворота
- Б) матрицей направляющих косинусов
- В) оба выражения истинны *

6. При определении общей матрицы поворота при произвольном последовательном вращении связанной системы координат относительно абсолютной нужно выполнить (поставить соответствие):

А) если связанная система координат совершает поворот вокруг одной из осей абсолютной системы координат

Б) если связанная система координат совершает поворот вокруг одной из своих собственных осей

1) матрицу предыдущего результирующего поворота надо умножить на единичную матрицу

2) матрицу предыдущего результирующего поворота надо умножить слева на соответствующую матрицу элементарного поворота (А)

3) матрицу предыдущего результирующего поворота надо умножить справа на соответствующую матрицу элементарного поворота (Б)

7. Что относится к параметрам звеньев и сочленений многозвенного манипулятора (выберите правильный ответ):

- А) расстояние между звеньями *
- Б) угол между звеньями *
- В) расстояние до середины звена
- Г) длина звена *
- Д) угол скрутки звена *
- Е) длина сочленения

8. Запишите выражение для однородной матрицы преобразования, выражающей взаимосвязь координат в системе координат последующего звена с координатами системы координат предыдущего звена в многозвенном манипуляторе (запишите ответ)

9. Если расстояние между звеньями $i-1$ и i равно 0,3м; длина i -го звена равна 0.5 м; угол скрутки между этими звеньями равен -90 град; угол между этими звеньями – присоединенная переменная. Записать выражение для однородной матрицы преобразования, выражающей взаимосвязь координат i -го звена в координатах звена $i-1$ (запишите ответ)

10. Запишите уравнение Эйлера-Лагранжа для неконсервативных систем, описывающего в общем виде динамику многозвенной механической системы с указанием принимаемых обозначений (запишите ответ)

11. Если однородная матрица преобразования, выражающая взаимосвязь координат между

первым и нулевым звеном есть $T_0^1(\theta_1) = \begin{bmatrix} \cos\theta_1 & \sin\theta_1 & 0 & l\cos\theta_1 \\ \sin\theta_1 & \cos\theta_1 & 0 & l\sin\theta_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$, а матрица

указывающая взаимосвязь координат между вторым и первым звеном есть

$T_1^2(\theta_2) = \begin{bmatrix} \cos\theta_2 & -\sin\theta_2 & 0 & l\cos\theta_2 \\ \sin\theta_2 & \cos\theta_2 & 0 & l\sin\theta_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$, записать однородную матрицу преобразования,

выражающая взаимосвязь координат между вторым и нулевым звеном: $T_0^2(\theta_1, \theta_2)$ (запишите ответ)

12. Запишите выражение, связывающее матрицу псевдоинерции звена манипулятора с его массой, координатами центра тяжести, центральными осевыми и центробежными моментами инерции (запишите ответ)

13. Запишите матричное выражение, описывающее динамику многозвенного манипулятора, на основе матрицы инерционных свойств манипулятора, вектора кориолисовых и центробежных сил (моментов) и гравитационных сил (моментов) (запишите ответ)

14. Запишите линеаризованное матричное уравнение динамики многозвенного манипулятора (запишите ответ)

15. Запишите закон управления, позволяющий вектору обобщенных координат многозвенного манипулятора двигаться по назначенной траектории (запишите ответ)

3.5 Перечень теоретических вопросов к зачету

(для оценки знаний)

1. Основные определения, связанные с многозвенными механическими системами (на примере манипулятора).
2. Определение задач кинематики многозвенных систем.
3. Матрицы элементарных поворотов и их основные свойства.
4. Однородные координаты и матрицы преобразования.
5. Параметры звеньев и сочленений манипуляторов.
6. Правило описания систем координат звеньев и их параметров по представлению Денавита-Хартенберга.

7. Однородные матрицы преобразования по Д-Х представлению.
8. Особенности решения обратной задачи кинематики.
9. Общая постановка метода Лагранжа-Эйлера при описании динамики многозвенной механической системы.
10. Определение кинетической энергии произвольного звена многозвенного манипулятора.
11. Определение потенциальной энергии произвольного звена многозвенного манипулятора.
12. Уравнение движения n-звенного манипулятора.
13. Синтез законов управления многозвенной механической системы по заданной траектории движения.
14. Синтез законов управления многозвенной механической системы по назначенной эталонной модели.
15. Методы декомпозиции управления многозвенной механической системы.
16. Линеаризация уравнений динамики многозвенной системы.
17. Основные свойства пакета SimMtchanics (Multibody) среды Matlab.
18. Топология механизмов в пакете SimMechanics (Multibody).
19. Визуализация движений в SimMechanics (Multibody).

3.6 Перечень типовых простых практических заданий к зачету

(для оценки умений)

1. Сформировать матрицы элементарных поворотов вокруг осей абсолютной системы координат.
2. Записать общую матрицу поворота при заданной совокупности трех элементарных поворотов, заданных преподавателем.
3. Сформировать однородные матрицы элементарных преобразований.
4. Записать общую однородную матрицу преобразования при заданной совокупности 6 элементарных преобразований, заданных преподавателем.
5. Определить однородную матрицу элементарного преобразования при линейном сдвиге связанной системы координат по оси OY абсолютной системы координат.
6. Определить матрицу элементарного поворота вокруг оси OW связанной системы координат.
7. Записать закон управления многозвенным манипулятором по заданной траектории, пояснить составляющие.
8. Записать закон управления многозвенным манипулятором по назначенной эталонной модели, пояснить составляющие.

3.7 Перечень типовых практических заданий к зачету

(для оценки навыков и (или) опыта деятельности)

1. В пакете SimMechanics (Multibody) смоделировать 3-звенную механическую систему, заданную преподавателем.
2. По заданным характеристикам твердого тела рассчитать его тензор инерции.
3. Записать закон управления двухзвенным манипулятором, когда начальное состояние его обобщенных координат – нулевое, а также задана траектория обобщенных координат и максимальное время регулирования.
4. Записать закон управления двухзвенным манипулятором по назначенной эталонной модели.
5. Построить закон управления манипулятором с помощью ПИД-регулятора, обеспечивающий заданную траекторию.

4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

В таблице приведены описания процедур проведения контрольно-оценочных мероприятий и процедур оценивания результатов обучения с помощью оценочных средств в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Наименование оценочного средства	Описания процедуры проведения контрольно-оценочного мероприятия и процедуры оценивания результатов обучения
Собеседование	Собеседование, предусмотренное рабочей программой дисциплины, проводится на практическом занятии. Преподаватель на практическом занятии, предшествующем занятию проведения контроля, доводит до обучающихся тему, вопросы для подготовки к собеседованию. Результаты собеседования преподаватель доводит до обучающихся сразу после завершения собеседования
Конспект	Защита конспектов, предусмотренных рабочей программой дисциплины, проводится во время практических занятий. Преподаватель на практическом занятии, предшествующем занятию проведения контроля, доводит до обучающихся: тему конспектов и требования, предъявляемые к их выполнению и защите
Лабораторная работа	Защита лабораторных работ проводится во время лабораторных занятий. Во время проведения защиты лабораторной работы пользоваться учебниками, справочниками, конспектами лекций, тетрадами не разрешено. Преподаватель на лабораторной работе, предшествующей занятию проведения защиты лабораторной работы, доводит до обучающихся: номер защищаемой лабораторной работы, время на защиту лабораторной работы. Преподаватель информирует обучающихся о результатах защиты лабораторной работы сразу после ее контрольно-оценочного мероприятия

Для организации и проведения промежуточной аттестации составляются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

Перечень теоретических вопросов и типовые практические задания разного уровня сложности для проведения промежуточной аттестации обучающиеся получают в начале семестра через электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС (личный кабинет обучающегося).

Описание процедур проведения промежуточной аттестации в форме зачета и оценивания результатов обучения

При проведении промежуточной аттестации в форме зачета преподаватель может воспользоваться результатами текущего контроля успеваемости в течение семестра. С целью использования результатов текущего контроля успеваемости, преподаватель подсчитывает среднюю оценку уровня сформированности компетенций обучающегося (сумма оценок, полученных обучающимся, делится на число оценок).

Шкала и критерии оценивания уровня сформированности компетенций в результате изучения дисциплины при проведении промежуточной аттестации в форме зачета по результатам текущего контроля (без дополнительного аттестационного испытания)

Средняя оценка уровня сформированности компетенций по результатам текущего контроля	Шкала оценивания
Оценка не менее 3,0 и нет ни одной неудовлетворительной оценки по текущему контролю	«зачтено»
Оценка менее 3,0 или получена хотя бы одна неудовлетворительная оценка по текущему контролю	«не зачтено»

Если оценка уровня сформированности компетенций обучающегося не соответствует критериям получения зачета без дополнительного аттестационного испытания, то промежуточная аттестация проводится в форме собеседования по перечню теоретических вопросов и типовых практических задач или в форме компьютерного тестирования.

Промежуточная аттестация в форме зачета с проведением аттестационного испытания проходит на последнем занятии по дисциплине.

При проведении промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования вариант тестового задания формируется из фонда тестовых заданий по дисциплине случайным образом, но с условием: 50 % заданий должны быть заданиями открытого типа и 50 % заданий – закрытого типа.