Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 18.05.2026 15:41:44
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ

Декан

_____ /Е.В. Сафонов/

«26» февраля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Математические основы робототехнических систем

Направление подготовки

15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Профиль

Роботы и робототехнические комплексы

Квалификация

Бакалавр

Формы обучения

очная

Москва, 2026 г.

Разработчик(и):

Доцент кафедры «Автоматика и управление», к.т.н.  / Т.А. Лисовская

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Автоматика и управление», д.т.н., профессор  / А.А. Радионов

Руководитель образовательной программы
Профессор кафедры «Автоматика и управление», д.т.н., доцент  / В.Р. Гасияров

Содержание

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3 Структура и содержание дисциплины 5
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 5
3.2 Тематический план изучения дисциплины 6
3.3 Содержание дисциплины 7
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 7
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 8
4 Учебно-методическое и информационное обеспечение 8
4.1 Нормативные документы и ГОСТы 8
4.2 Основная литература 8
4.3 Дополнительная литература 8
4.4 Электронные образовательные ресурсы 9
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 9
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 9
5 Материально-техническое обеспечение 9
6 Методические рекомендации 9
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 9
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 10
7 Фонд оценочных средств 11
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 11
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 13
7.3 Оценочные средства 16

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью изучения дисциплины «Математические основы робототехнических систем» является изучение принципов проектирования математических моделей роботов и робототехнических систем. В рамках дисциплины у студентов формируются базовые знания основных понятий и методов решения задач механики роботов.

Задачи изучения дисциплины:

- Ознакомление с понятийным аппаратом робототехнических систем.
- Изучение математических моделей механики роботов.
- Формирование умения анализировать структуру робототехнической системы и выстраивать её модель.
- Исследование современных тенденций и перспектив в робототехнике.
- Применение математических методов в решении задач робототехники.

Обучение по дисциплине «Математические основы робототехнических систем» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**	**Наименование показателя оценивания**
ПК-5. Способен составлять математические модели автоматизированных и роботизированных систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства	ИПК-5.1. Строить физические и математические модели узлов, блоков и устройств робототехнических систем; ИПК-5.2. Использует стандартные пакеты прикладных программ для математического моделирования узлов, блоков и устройств робототехнических систем; ИПК-5.3. Выполняет компьютерное моделирование математических моделей узлов, блоков и устройств робототехнических систем.	**Знать:** Основные законы кинематики и динамики твёрдого тела, основы теоретической механики и высшей математики; современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием. **Уметь:** Моделировать положение каждого узла робототехнической системы во времени, в зависимости от задания. Решать прямые и обратные задачи кинематики и динамики; производить расчеты и проектирование отдельных устройств робототехнических систем с использованием современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием.

		Владеть: Навыками работы в пакетах прикладных программах для моделирования робототехнических систем и их отдельных узлов.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Б1.2 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина непосредственно связана со следующими дисциплинами и практиками ООП:

Линейная алгебра;
Математический анализ;
Механика роботов и мехатронных модулей;
Моделирование роботов и робототехнических систем;
Моделирование систем управления;
Производственная практика (преддипломная);
Специальные главы математики;
Управление роботами и робототехническими комплексами;
Эксплуатация и наладка мехатронных и робототехнических систем.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр
			7
1	**Аудиторные занятия**	**54**	**54**
	В том числе:		
1.1	Лекции	36	36
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18
1.3	Лабораторные работы	–	–
2	**Самостоятельная работа**	**54**	**54**
	В том числе:		
2.1	Подготовка отчётов по практическим работам	26	26
2.2	Работа с конспектом лекций	10	10
2.3	Подготовка к диф.зачёту	18	18
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		зачет
	Итого	**108**	**108**

3.2 Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1. Основные понятия и классификация робототехнических систем**	**16**	**6**	**2**			**8**
1.1	Тема 1. Основные понятия, классификация робототехнических систем, области применения		2	0			4
1.2	Тема 2. Структура манипуляционных систем. Классификация кинематических пар		4	2			4
2	**Раздел 2. Основы кинематики и динамики роботов с последовательной кинематикой**	**62**	**18**	**12**			**32**
2.1	Тема 1. Постановка прямой и обратной задачи кинематики и динамики. Особенности роботов с последовательной кинематикой		2	2			4
2.2	Тема 2. Преобразование координат в манипуляционных системах		2	2			4
2.3	Тема 3. Определение взаимного положения последовательно соединённых звеньев манипуляционных систем		2				4
2.4	Тема 4. Решение прямой задачи кинематики манипуляционных систем		4	2			4
2.5	Тема 5. Определение абсолютных скоростей точек звеньев		2	2			4
2.6	Тема 6. Обратная задача кинематики манипуляционных систем с последовательной кинематикой		2	2			4
2.7	Тема 7. Исследование динамики манипуляционных систем с последовательной кинематикой		2	2			4
2.8	Тема 8. Кинематика манипуляционных роботов с параллельной структурой		2				4
3	**Раздел 3. Робототехнические комплексы (РТК)**	**30**	**12**	**4**			**14**

3.1	Тема 1. Робототехнические комплексы: назначение, состав и классификация		4				
3.2	Тема 2. Компоновка РТК. Траектории схвата манипулятора		2				2
3.3	Тема 3. Несколько роботов в составе РТК		2	2			4
3.4	Тема 4. Общие требования к РТК и его компонентам		2				4
3.5	Тема 5. Планирование траекторий схвата манипулятора робота в составе РТК на основе сплайн-функций		2	2			4
	Итого	**108**	**36**	**18**			**54**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Основные понятия и классификация робототехнических систем

Этот раздел представляет собой введение в область робототехники, где рассматриваются основные термины, понятия и принципы классификации робототехнических систем. Основные аспекты, такие как типы роботов, их функциональное назначение, архитектурные особенности и области применения, подробно изучаются здесь. Также проводится классификация кинематических пар и анализ структуры манипуляционных систем.

Раздел 2. Основы кинематики и динамики роботов с последовательной кинематикой

В этом разделе рассматриваются основы кинематики и динамики роботов, особенно с фокусом на роботах с последовательной кинематикой. Здесь изучаются принципы постановки прямой и обратной задач кинематики и динамики, включая методы их решения. Особое внимание уделяется преобразованию координат и определению взаимного положения звеньев манипуляционных систем.

Раздел 3. Робототехнические комплексы (РТК)

Этот раздел посвящен изучению робототехнических комплексов (РТК) – систем, включающих в себя несколько роботов и другие компоненты. Здесь освещаются вопросы назначения и структуры РТК, их классификации и требованиям к компонентам. Также рассматривается планирование траекторий схвата манипулятора робота, что является важным аспектом при проектировании и использовании робототехнических комплексов.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия

Семинар 1. Разработка кинематической схемы робота манипулятора с последовательной кинематикой.

Семинар 2. Формы задания и методы вывода уравнений движения.

Семинар 3. Уравнение движения точечной массы.

Семинар 4. Принцип Д’Аламбера и уравнение Эйлера-Лагранжа.

Семинар 5. Решение прямой и обратной задачи кинематики робота манипулятора с последовательной кинематикой.

Семинар 6. Вычисление энергии движения робота.
Семинар 7. Прямая и обратная задача динамики роботов.
Семинар 8. Планирование траектории схвата манипулятора.
Семинар 9. Несколько роботов в составе РТК.

3.4.2 Лабораторные занятия

Не предусмотрены

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрены

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

Не предусмотрены

4.2 Основная литература

1. Архипов, М. В. Промышленные роботы: управление манипуляционными роботами: учебник для вузов / М. В. Архипов, М. В. Вартанов, Р. С. Мищенко. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2026. — 170 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11992-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/587633

2. Рачков, М. Ю. Технические средства автоматизации: учебник для вузов / М. Ю. Рачков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2026. — 182 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11644-1. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/584970

3. *Рачков, М. Ю.* Автоматизация производства: учебник для среднего профессионального образования / М. Ю. Рачков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2026. — 182 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-12973-1. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/587268

4.3 Дополнительная литература

1. Шишмарёв, В. Ю. Диагностика и надежность автоматизированных систем: учебник для вузов / В. Ю. Шишмарёв. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2026. — 341 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11452-2. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/598942

2. Гидропневмосистемы робототехнического комплекса: учебник для вузов / под редакцией А. Н. Совы. — Москва: Издательство Юрайт, 2026. — 212 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14219-8. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/588562

3. Шишмарёв, В. Ю. Организация и планирование автоматизированных производств: учебник для вузов / В. Ю. Шишмарёв. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2026. —

318 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11451-5. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/598943

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Не предусмотрено

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Microsoft-Office
2. Matlab

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru
2. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru
3. Единое окно доступа к образовательным ресурсам Федеральный портал http://window.edu.ru
4. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php

5 Материально-техническое обеспечение

1. Компьютерный класс с предустановленным программным обеспечением, указанным в п. 4.5, мультимедийное оборудование (проектор, персональный компьютер преподавателя).
2. Аудитория для лекционных, практических занятий. Оборудование и аппаратура: аудиторная доска, возможность использования мультимедийного комплекса.

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

На первом занятии по дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения (темами курса, формами занятий, текущего и промежуточного контроля), раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования к форме отчетности и применения видов контроля.

При подготовке к практическим работам по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение.

В ходе работы во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы работы, определить порядок ее проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части работы следует подвести ее итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки

проведенной работы. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

Методика преподавания дисциплины «Математические основы робототехнических систем» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– подготовка к выполнению и защита практических работ с помощью специализированного программного обеспечения;

– технологии анализа ситуаций для активного обучения, которые позволяют студентам соединить теорию и практику, представить примеры принимаемых решений и их последствий, демонстрировать различные позиции, формировать навыки оценки альтернативных вариантов в вероятностных условиях.

Обучение по дисциплине ведется с применением традиционных потоково-групповых информационно-телекоммуникационных технологий. При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационно-телекоммуникационные технологии: презентации с применением проектора и программы PowerPoint.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое самостоятельное получение студентами навыков работы в программных продуктах, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к зачёту.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- оформление отчетов по выполненным практическим работам;
- подготовка к контрольным работам;
- подготовка к зачёту.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

7 Фонд оценочных средств

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций

- отчёты по практическим работам;
- контрольные работы;
- зачёт.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные задания по практическим работам индивидуально для каждого обучающегося.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	**Наименование компетенции выпускника**
ПК-5	Способен составлять математические модели автоматизированных и роботизированных систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Перечень оценочных средств по дисциплине «Математические основы робототехнических систем»

№ п/п	Вид контроля результатов обучения	Наименование контроля результатов обучения	Краткая характеристика контроля результатов обучения
1	Текущий	Практическая работа	Практическая работа выполняется индивидуально каждым студентом. По результатам выполнения работы студент оформляет отчёт, содержащий подробное описание проделанной работы с наглядным представлением результатов. Оформленный отчет студент сдает преподавателю на проверку в заранее установленный срок. При проверке преподаватель оценивает качество оформления, корректность проделанных шагов, результатов работы и выводов. Часть работ подразумевает устную защиту в формате доклада/презентации.
2	Текущий	Контрольная работа	Контрольная работа выполняется индивидуально каждым студентом. Задание подразумевает выполнения

			ряда шагов с использованием программного обеспечения, изучаемого в соответствующей теме. Результатом выполнения контрольной работы является электронный документ с кратким описанием выполненных шагов и полученных результатов. При проверке преподаватель оценивает как результат работы, так и пусть достижения результата.
3	Промежуточный	Дифференцированный зачёт	Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Зачет проводится в устной форме. Во время проведения зачета его участникам запрещается иметь при себе и использовать средства связи (сотовые телефоны, микрофоны и пр.). Студенту выдается билет с тремя вопросами. Количество дополнительных вопросов зависит от полноты ответа студента. Длительность зачета 1 час (60 минут). К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Математические основы робототехнических систем»

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Показатель	Критерии оценивания			
	2	3	4	5
	Не зачтено	Зачтено		
знать: - основные законы кинематики и динамики твёрдого тела, основы теоретической механики и высшей математики; современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: - основные законы кинематики и динамики твёрдого тела, основы теоретической механики и высшей математики; современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: - основные законы кинематики и динамики твёрдого тела, основы теоретической механики и высшей математики; современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: - основные законы кинематики и динамики твёрдого тела, основы теоретической механики и высшей математики; современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием. Допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: - основные законы кинематики и динамики твёрдого тела, основы теоретической механики и высшей математики; современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием. Свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: - моделировать положение каждого узла робототехнической системы во времени, в зависимости от задания. Решать прямые и обратные задачи кинематики и динамики;	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: - моделировать положение каждого узла робототехнической системы во времени, в зависимости от задания. Решать	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: - моделировать положение каждого узла робототехнической системы во времени, в	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: - моделировать положение каждого узла робототехнической системы во времени, в	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: - моделировать положение каждого узла робототехнической системы во времени, в

производить расчеты и проектирование отдельных устройств робототехнических систем с использованием современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием	прямые и обратные задачи кинематики и динамики; производить расчеты и проектирование отдельных устройств робототехнических систем с использованием современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием	зависимости от задания. Решать прямые и обратные задачи кинематики и динамики; производить расчеты и проектирование отдельных устройств робототехнических систем с использованием современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	зависимости от задания. Решать прямые и обратные задачи кинематики и динамики; производить расчеты и проектирование отдельных устройств робототехнических систем с использованием современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	зависимости от задания. Решать прямые и обратные задачи кинематики и динамики; производить расчеты и проектирование отдельных устройств робототехнических систем с использованием современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: - навыками работы в пакетах прикладных программах для моделирования робототехнических систем и их отдельных узлов.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет - навыками работы в пакетах прикладных программах для моделирования робототехнических систем и их отдельных узлов.	Обучающийся в недостаточной степени владеет: - навыками работы в пакетах прикладных программах для моделирования робототехнических систем и их отдельных узлов. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет: - навыками работы в пакетах прикладных программах для моделирования робототехнических систем и их отдельных узлов. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые,	Обучающийся в полном объеме владеет: - навыками работы в пакетах прикладных программах для моделирования робототехнических систем и их отдельных узлов. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

			нестандартные ситуации.	

Шкала оценивания промежуточной аттестации: зачёт

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности, не испытывает затруднений при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент не может оперировать знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Шкала оценивания текущего контроля

Наименование контроля результатов обучения	Шкала оценивания	Описание
Практическая работа	Зачтено: набрано 2 и более баллов. Не зачтено: набрано 1 и менее баллов. Критерии оценивания: Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - оформление работы соответствует требованиям – 1 балл; - все пункты задания выполнены в полном объёме – 2 балла; - изложение, описание и выводы по работе грамотны и полно описывают содержание практической работы – 2 балла.	В качестве форм текущего контроля знаний студентов используются отчеты по практической работе Отчёт по практической работе содержит описания ряда шагов по выполнению практической работы согласно заданию с подробным описанием проделанных действий и полученными результатами. Защита практических работ (если требуется) осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчёт. Студенты, не выполнившие практическую работу, к защите не допускаются

Контрольная работа	Отлично - Работа высокого качества, уровень выполнения отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, либо некоторые из выполненных заданий содержат незначительные ошибки Хорошо - Уровень выполнения работы отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, некоторые виды заданий выполнены с ошибками. Удовлетворительно - Теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой заданий не выполнено; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий. Неудовлетворительно - Теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, предусмотренные программой задания не выполнены	Защита темы включает выполнения практического задания по изученному материалу в аудитории в течении одной пары. Билеты состоят из задач, позволяющих оценить сформированные компетенции. На решение отводится 1.5 часа.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

Типовое задание «Практическая работа 1. Разработка кинематической схемы робота манипулятора с последовательной кинематикой»

Ход выполнения

1. Ознакомьтесь с теоретическим материалом о кинематических схемах роботов с последовательной кинематикой, включая типы звеньев, структуру манипуляторов и их области применения.

2. Выберите конфигурацию манипулятора (количество звеньев, типы соединений) в соответствии с поставленной задачей. Учтите особенности и требования вашего проекта.

3. С помощью бумаги, карандаша и линейки разработайте кинематическую схему выбранного манипулятора. Укажите все звенья, соединения и типы движений.

4. Используя графические инструменты (например, CAD-программы), создайте визуализацию разработанной кинематической схемы.

5. Проанализируйте разработанную схему на предмет ее соответствия требованиям и задачам проекта. Убедитесь в правильности выбранных параметров и конфигурации.

6. Подготовьте отчет о выполненной работе, включающий описание разработанной кинематической схемы, ее характеристики и обоснование принятых решений.

Типовое задание «Практическая работа 2. Уравнение движения точечной массы»

Ход выполнения

1. Ознакомьтесь с теоретическим материалом о законах движения точечной массы, включая основные законы механики Ньютона и принципы составления уравнений движения.

2. Выберите конкретную задачу о движении точечной массы, например, движение под действием силы тяжести, движение по криволинейной траектории или движение в поле центральных сил.

3. На основе выбранной задачи и принципов механики Ньютона составьте уравнения движения для точечной массы. Учтите все воздействующие силы и условия движения.

4. Проанализируйте составленные уравнения на предмет их корректности, соответствия задаче и возможности решения.

5. При необходимости решите составленные уравнения с использованием методов математического анализа или численных методов.

6. Проверьте полученные результаты на предмет их соответствия ожидаемым значениям и правильности решения задачи.

Типовое задание «Практическая работа 3. Решение прямой и обратной задачи кинематики робота манипулятора с последовательной кинематикой»

Ход выполнения

1. Ознакомьтесь с теоретическими основами прямой и обратной задачи кинематики для роботов с последовательной кинематикой.

2. Выберите конкретный тип робота манипулятора и задайте начальные условия для прямой и обратной задачи кинематики.

3. На основе заданных углов поворота звеньев робота составьте уравнения для определения координат схвата манипулятора в рабочем пространстве.

4. Используя заданные координаты схвата манипулятора, определите углы поворота звеньев робота, необходимые для достижения заданных координат.

5. Проверьте полученные результаты на предмет их соответствия начальным условиям и корректности решения прямой и обратной задачи кинематики.

6. Проанализируйте полученные результаты с точки зрения их практической применимости и соответствия требованиям конкретной задачи.

Типовое задание «Практическая работа 4. Исследование динамики манипуляционных систем с последовательной кинематикой»

1. Ознакомьтесь с основными принципами динамики манипуляционных систем, включая законы Ньютона, принцип виртуальных перемещений и др.

2. Выберите конкретную манипуляционную систему и сформулируйте задачу исследования динамики, определив начальные условия и внешние воздействия.

3. На основе принципов динамики и кинематики составьте уравнения движения манипуляционной системы с учетом воздействующих сил и моментов.

4. Примените методы численного решения дифференциальных уравнений или аналитические методы для получения решений уравнений динамики.

5. Проанализируйте полученные результаты, оцените поведение системы в различных условиях и проведите сравнение с ожидаемыми теоретическими значениями.

6. Сделайте выводы о динамике и управляемости исследуемой манипуляционной системы, оцените ее эффективность и применимость в различных условиях.

Типовое задание «Контрольная работа №1»

Варианты заданий:

1. Рассмотрите манипулятор с последовательной кинематикой, состоящий из трех звеньев. Для заданных углов поворота каждого звена определите координаты схвата манипулятора. Выразите координаты схвата через углы поворота с использованием матрицы преобразования.

2. Сформулируйте прямую задачу кинематики для манипуляционной системы с параллельной структурой. Определите положение схвата манипулятора при заданных значениях углов поворота платформы и подвижных звеньев.

3. Исследуйте динамику движения робота манипулятора с последовательной кинематикой. Найдите уравнения движения системы с учетом воздействующих сил и моментов. Решите уравнения для определенных начальных условий и оцените динамические характеристики системы.

4. Проанализируйте возможные траектории движения схвата манипулятора в пространстве с координатами X, Y, Z. Оцените ограничения на перемещение схвата и возможные препятствия на пути движения.

5. Предложите методы планирования траекторий для манипулятора с параллельной структурой. Рассмотрите сплайн-функции как инструмент планирования плавных и оптимальных траекторий.

Типовое задание «Контрольная работа №2»

Варианты заданий:

1. Проанализируйте кинематическую схему робота манипулятора с параллельной структурой. Определите количество степеней свободы системы и выразите их через углы поворота и длины звеньев.

2. Решите прямую задачу кинематики для выбранной манипуляционной системы. Найдите координаты схвата робота при заданных значениях углов поворота и длин звеньев.

3. Оцените динамику движения робота манипулятора с параллельной структурой. Составьте уравнения движения системы с учетом воздействующих сил и моментов. Решите уравнения для конкретных начальных условий.

4. Исследуйте возможные траектории движения схвата манипулятора в трехмерном пространстве. Предложите методы планирования траекторий с учетом ограничений на перемещение и препятствий на пути движения.

7.3.2 Промежуточная аттестация

Вопросы к зачету

1. Что такое робототехническая система и какие области ее применения вы можете назвать?	ПК-5
2. Каковы основные понятия в робототехнике и как они классифицируются?	ПК-5
3. Какие структуры манипуляционных систем вы знаете и как они классифицируются?	ПК-5

4. Что такое кинематическая пара и какова ее роль в манипуляционных системах?	ПК-5
5. Чем отличается последовательная кинематика робота от параллельной?	ПК-5
6. Каковы основные задачи прямой и обратной задачи кинематики и динамики робота?	ПК-5
7. Каким образом происходит преобразование координат в манипуляционных системах?	ПК-5
8. Что такое абсолютные скорости точек звеньев манипуляционной системы?	ПК-5
9. Как решается прямая задача кинематики манипуляционной системы?	ПК-5
10. Каковы особенности решения обратной задачи кинематики?	ПК-5
11. Какие методы используются для исследования динамики манипуляционных систем?	ПК-5
12. Что такое робототехнический комплекс и каковы его состав и классификация?	ПК-5
13. Каким образом формируется компоновка робототехнического комплекса?	ПК-5
14. В чем состоит особенность планирования траекторий схвата манипулятора на основе сплайн-функций?	ПК-5
15. Какие требования предъявляются к робототехническим комплексам и их компонентам?	ПК-5
16. Каковы различные виды траекторий схвата манипулятора и как они используются в робототехнических системах?	ПК-5
17. Какие методы применяются при планировании траектории схвата манипулятора для робототехнических комплексов с несколькими роботами?	ПК-5
18. Какие методы классификации роботов вы знаете и как они применяются в инженерии?	ПК-5
19. Какие факторы влияют на выбор структуры манипуляционной системы для конкретного проекта?	ПК-5
20. Каким образом происходит распределение ролей в проектной команде при разработке робототехнической системы?	ПК-5
21. Какие этапы включает в себя жизненный цикл проекта по созданию робототехнической системы?	ПК-5
22. Какие методы управления проектом применяются в инженерии для эффективного управления временем и ресурсами?	ПК-5
23. Какие методы применяются для управления коммуникациями в проекте по созданию робототехнической системы?	ПК-5
24. Понятие манипуляционной системы. Классификация манипуляторов.	ПК-5
25. Понятие кинематической пары. Классификация кинематических пар. Свойства кинематических пар.	ПК-5
26. Определение числа степеней свободы плоского и пространственного механизмов. Формула Сомова-Малышева.	ПК-5
27. Понятие кинематической схемы, элементы кинематической схемы.	ПК-5
28. Системы координат, используемые при построении моделей роботов-манипуляторов	ПК-5
29. Сущность прямой задачи кинематики о положениях (скоростях).	ПК-5
30. Сущность обратной задачи кинематики о положениях (скоростях).	ПК-5
31. Преобразование координат при составлении уравнений кинематики: элементарный поворот, элементарное перемещение.	ПК-5
32. Понятие пространственных углов (углов Эйлера). Свойства матрицы поворота.	ПК-5

33. Особенности решения прямой и обратной задачи кинематики для 6-ти степенного сварочного манипулятора	ПК-5
34. Использование задач кинематики при проектировании манипулятора	ПК-5
35. Особенности манипуляторов с параллельными кинематическими цепями	ПК-5
36. Принцип формирования уравнений кинематических моделей для манипуляторов с параллельными кинематическими цепями	ПК-5
37. Особенности решения задач кинематики для манипуляторов с параллельными кинематическими цепями	ПК-5
38. Понятие динамической модели. Цели динамического анализа	ПК-5
39. Составляющие уравнения Лагранжа 2-го рода (плоский случай)	ПК-5
40. Составляющие уравнения Лагранжа 2-го рода (пространственный случай)	ПК-5
41. Сущность прямой и обратной задач динамики	ПК-5
42. Принципы формирования динамической модели манипулятора с параллельными кинематическими цепями	ПК-5
43. Составляющие уравнения Лагранжа 2-го рода (на примере модели пространственного манипулятора с параллельными кинематическими цепями)	ПК-5