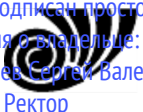


Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Гаскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор	 МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	
Дата подписания: 08.04.2026 16:34:54 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8723733	Рабочая программа дисциплины "Математические методы кинематики станков и роботов" по направлению подготовки (специальности) 02.04.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" направленности (профиль) Робототехника ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1

Рабочая программа дисциплины (модуля)*
Математические методы кинематики станков и роботов

Направление подготовки (специальность)

02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность (профиль)

Робототехника

Присваиваемая квалификация (степень)

магистр

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2026

*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2026 г.



Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
 - 6.1. Перечень видов оценочных средств
 - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
 - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
 - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
 - 7.1. Рекомендуемая литература
 - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
 - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель преподавания дисциплины – выработать теоретические и практические знания о современных методах и средствах проектирования, эксплуатации, администрирования и мониторинга сетей ЭВМ.

Задачей дисциплины является выработка навыков проектирования, эксплуатации и поиска неисправностей в конвергентных сетях.

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов:

УК-2.1. Определяет этапы жизненного цикла проекта и выстраивает последовательность их реализации;

УК-2.2. Формулирует проблему, на решение которой направлен проект, грамотно определяет цель проекта;

УК-2.3. Проектирует решение конкретных задач проекта, выбирая оптимальный способ их решения;

ОПК-4.1. Обладает базовыми знаниями о существующих информационно-коммуникационных технологиях и методах их интегрирования с учетом требований информационной безопасности для решения профессиональных задач;

ОПК-4.2. Демонстрирует умение проводить анализ и оптимальным образом выбирать информационно-коммуникационные технологии для решения профессиональных задач с учетом требований информационной безопасности;

ОПК-4.3. Имеет практический опыт комбинирования различных типов информационно-коммуникационных технологий для решения задач в области профессиональной деятельности;

ОПК-5.1. Обладает базовыми знаниями методологий и принципов эффективного управления разработкой программных средств и ИТ-проектов;

ОПК-5.2. Демонстрирует умения устанавливать и сопровождать программное обеспечение информационных систем и баз данных, планировать реализацию ИТ-проектов;

ОПК-5.3. Имеет практический опыт сопровождения программного обеспечения информационных систем и баз данных, опыт участия в реализации ИТ-проектов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: К.М.01.03

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Методы ИИ в инженерных задачах

Производственная практика (научно-исследовательская работа)

Управление робототехническими системами

2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Основы конструкторского проектирования в робототехнике

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

УК-2: Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла

Знать:

принципы управления проектами;

Уметь:

формулировать цели проекта и определять пути решения;

Владеть:

технологиями в сфере управления ИТ-проектами.

ОПК-4: Способен оптимальным образом комбинировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности

Знать:



Рабочая программа дисциплины "Математические методы кинематики станков и роботов" по направлению подготовки (специальности) 02.04.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" направленности (профилю) Робототехника ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 4

основы функционирования и администрирования сетевой инфраструктуры;
основные принципы информационной безопасности.

Уметь:

проектировать сетевую инфраструктуру в соответствии с потребностями построения информационной системы организации;
производить установку и настройку систем и сетевого оборудования.

Владеть:

инструментальными средствами и навыками управления сетевым оборудованием и сетевыми компонентами вычислительных систем;
методами и средствами контроля работы сетевых устройств и служб.

ОПК-5: Способен устанавливать и сопровождать программное обеспечение информационных систем, осуществлять эффективное управление разработкой программных средств и проектов

Знать:

назначение и виды ПО, состав функциональных и обеспечивающих подсистем ПО;
методы анализа прикладной области, типовые требования к информационным системам.

Уметь:

анализировать и выбирать архитектуру вычислительных систем, сетей и систем телекоммуникаций и их подсистем;
выбирать инструментальные средства и технологии проектирования ПО, использовать различные операционные системы;
планировать реализацию IT-проектов.

Владеть:

навыками работы в современной программно-технической среде в различных операционных системах и компьютерных сетях;
навыками работы с инструментальными средствами моделирования систем в сетевых топологиях.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	принципы управления проектами;
3.1.2	назначение и виды ПО, состав функциональных и обеспечивающих подсистем ПО;
3.1.3	методы анализа прикладной области, типовые требования к информационным системам;
3.1.4	основы функционирования и администрирования сетевой инфраструктуры.
3.2	Уметь:
3.2.1	формулировать цели проекта и определять пути решения;
3.2.2	анализировать и выбирать архитектуру вычислительных систем, сетей и систем телекоммуникаций и их подсистем;
3.2.3	выбирать инструментальные средства и технологии проектирования ПО;
3.2.4	проектировать сетевую инфраструктуру;
3.2.5	производить установку и настройку систем и сетевого оборудования.
3.3	Владеть:
3.3.1	технологиями в сфере управления IT-проектами;
3.3.2	навыками работы в современной программно-технической среде;
3.3.3	навыками работы с инструментальными средствами моделирования систем в сетевых топологиях.



4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость	6 ЗЕТ
Часов по учебному плану : 216	Виды контроля в семестрах: экзамены 3
в том числе :	
аудиторные занятия : 16	
самостоятельная работа : 178,7	
часов на контроль : 18	
контактная работа: 19,3	
ИКР: 3,3	

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
	Раздел 1. Математические методы кинематики			
1.1	Системы координат и однородные преобразования — матрицы поворота, векторы смещения, представление положения и ориентации в R^3 . /Лек/	3	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4
1.2	Прямая кинематика манипуляторов — кинематические цепи, параметры Денавита—Хартенберга, вычисление конечной позиции исполнительного органа. Обратная кинематика — аналитические и численные методы решения, особенности многозвенных механизмов и избыточных систем. Дифференциальная кинематика и якобианы — связь скоростей в суставах и скоростей конечного эффектора, анализ подвижности. /Лек/	3	6	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4
1.3	Кинематика многокоординатных станков — особенности 5-осевой обработки, кинематические схемы поворотных столов и шпинделей. Сингулярные конфигурации — классификация сингулярностей, их влияние на управляемость, методы обнаружения и избегания. /Лек/	3	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4
1.4	Планирование траекторий — интерполяция (линейная, круговая, сплайн), параметризация движения, ограничения по скорости и ускорению. Оптимизация кинематических решений — критерии качества (энергоэффективность, точность, избегание препятствий), применение методов математического программирования. /Лек/	3	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4
1.5	Реализация модели OSI. Изучение применяемых технологий на различных уровнях модели. /Ср/	3	32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1
1.6	Изучение способов повышения отказоустойчивости и доступности соединений с применением различных сетевых технологий. /Ср/	3	26,5	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1
1.7	Настройка и изучение работы типовых сетевых конфигураций в виртуальной среде. /Ср/	3	24	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1
1.8	Изучение контейнеров Docker и их конфигурирование. /Ср/	3	32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1
1.9	Моделирование работы сетевых сервисов в различных топологиях с использованием контейнеров Docker. /Ср/	3	24	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1
1.10	Выполнение итоговой проектной работы /Ср/	3	40,2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1
	Раздел 2. Иная контактная работа			



2.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	3	3,3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4
-----	---	---	-----	---------------------------------

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Перечень видов оценочных средств

Темы для самостоятельной работы.
Темы проектов.

6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Примеры тем самостоятельных работ:

Расчёт кинематической схемы 3-звенного планарного манипулятора

Построение ДХ-параметров, вывод уравнений прямой кинематики, визуализация рабочей зоны в MATLAB/Python.

Анализ сингулярных конфигураций 5-осевого фрезерного станка с поворотным столом

Классификация сингулярностей по типу кинематической схемы, расчёт якобиана в критических точках, рекомендации по их избеганию при обработке.

Сравнительный анализ методов решения обратной кинематики для 6-звенного промышленного робота

Реализация геометрического и численного (градиентного) подходов, оценка точности и вычислительной сложности на тестовых траекториях.

Моделирование вибраций исполнительного органа при высокоскоростной интерполяции

Построение дифференциальной модели движения с учётом упругих деформаций, анализ влияния параметров траектории на амплитуду колебаний.

Оптимизация траектории инструмента для минимизации времени обработки при ограничениях на ускорение

Формулировка задачи как нелинейного программирования, решение методом штрафных функций или сплайн-интерполяции с адаптивной параметризацией.

6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Перечень направлений для реализации в проектах.

Применение дробно-дифференциального исчисления для моделирования демпфирования вибраций в 5-осевых станках

Построение модели упруго-вязкого звена с дробной производной, анализ устойчивости решения, сравнение с классическими моделями Кельвина—Фойхта на примере траекторий высокоскоростной обработки.

Синтез оптимальных траекторий с использованием вариационного исчисления и сплайнов на многообразиях $SO(3) \times \mathbb{R}^3$

Формулировка функционала качества (время, энергия, плавность), вывод уравнений Эйлера—Лагранжа в кватернионном представлении, реализация геодезической интерполяции для избегания кинематических сингулярностей.

Анализ рабочей зоны избыточных манипуляторов методами алгебраической геометрии

Представление кинематических уравнений как системы полиномиальных ограничений, вычисление размерности и границ конфигурационного многообразия с использованием базисов Грёбнера, визуализация в среде SageMath/Maple.

Реконструкция траектории инструмента по дискретным данным датчиков с применением рядов Фурье и вейвлет-анализа

Фильтрация шумов измерений, аппроксимация угловых/линейных координат тригонометрическими и вейвлет-рядами, оценка погрешности восстановления скоростей и ускорений методом Парсеваля.

Топологический анализ кинематических сингулярностей манипуляторов: применение теории Морса и характеристических классов

Построение функции высоты на конфигурационном пространстве, классификация критических точек якобиана, вычисление индексов Морса для оценки структуры сингулярных подмногообразий в 6-звенных механизмах.

6.4. Критерии оценивания

Критерии оценивания самостоятельных работ.

«Зачтено» - Работа выполнена в полном объеме, обучающийся знает материал, умеет анализировать проблему и может грамотно прокомментировать выполненную работу.



«Не зачтено» - Работа не выполнена, либо обучающийся не может ответить на контрольные вопросы, не ориентируется в основных понятиях, излагает материал с трудом, с грубыми фактическими ошибками, либо отказывается от ответов на вопросы.

Экзамен проводится в виде защиты проекта.

При подведении итогов учитываются результаты только промежуточной аттестации:

1. Доклад по проекту (15 баллов): структурированность доклада – 5 баллов, проработанность темы – 5 баллов, умение отвечать на вопросы – 5 баллов.

2. Проверка результатов выполнения заданий проекта (35 баллов): полнота выполнения – 10 баллов, правильность выполнения – 15 баллов, своевременность и последовательность выполнения – 10 баллов.

Итого - 50 баллов.

По сумме баллов студенту выставляется дифференцированная оценка:

оценка «Отлично» выставляется за 45-50 баллов,

оценка «Хорошо» - за 35-44 балла,

оценка «Удовлетворительно» за 25-34 балла,

оценка «Неудовлетворительно» за 24 и меньше баллов.

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

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л1.1	Лебедев С. К., Колганов А. Р.	Кинематика и динамика электромехатронных систем в робототехнике: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=725757)	Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2025	ЭБС
Л1.2	Бать М. И., Джанелидзе Г. Ю., Кельзон А. С.	Теоретическая механика в примерах и задачах. Том 1. Статика и кинематика: учебное пособие для вузов (https://e.lanbook.com/book/507374)	Санкт-Петербург : Лань, 2026	ЭБС

7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л2.1	Морозов Н. А., Власов Ю.	Кинематика: примеры решения задач: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=330557)	Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2014	ЭБС
Л2.2	Каменев С. В.	Основы построения станков с параллельной кинематикой: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481760)	Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2017	ЭБС
Л2.3	Кирпичников С. Н., Новоселов В. С.	Математические аспекты кинематики твердого тела: учебное пособие	Ленинград : Издательство ЛГУ, 1986	
Л2.4	Булгаков А. Г., Воробьев В. А., Попов В. П.	Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление: монография (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=117812)	Москва : СОЛЮН-ПРЕСС, 2008	ЭБС

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Курс "Компьютерные сети". А. Созыкин. Свободный доступ. https://www.asozykin.ru/courses/networks_online
----	---

7.3 Перечень информационных технологий

7.3.1 Программное обеспечение

Adobe Reader

Notepad++

Python

VirtualBox



Ubuntu Linux

Dia

OpenOffice

7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

1. Национальная электронная библиотека (НЭБ) (<https://rusneb.ru/>) Национальная электронная библиотека (НЭБ) : объединенный электронный каталог фондов российских библиотек : сайт. – URL: <http://нэб.рф>. – Режим доступа: из читальных залов библиотеки ЧелГУ. – Текст : электронный.

2. Интернет университет информационных технологий [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://www.intuit.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью.

Для проведения занятий лекционного типа используется переносное и / или стационарное мультимедийное оборудование (экран, ноутбук или десктоп, проектор).

Для обеспечения тематической иллюстрации занятий лекционного типа в образовательном процессе используются цифровые образовательные ресурсы (мультимедийные презентации по всем темам программы).

Для проведения лабораторных работ и самостоятельной работы используется компьютерный класс, объединённых в локальную компьютерную сеть с выходом в Интернет и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, с установленным программным обеспечением.

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, указанное в п. 7.3.1.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

При изучении данной дисциплины используются лекционные занятия и самостоятельная работа студента. На лекционных занятиях преподаватель излагает основное содержание тем программы. Проработку лекционного материала студенту желательно проводить как после каждого занятия, так и по завершению темы. Это позволит связать воедино полученные сведения и составить цельную картину.

Рекомендуется перед каждым практическим занятием выполнить домашнее задание, что позволит лучше усвоить предыдущий материал, и изучить лекционный материал по предстоящей теме. Студенту желательно проявлять активное участие на занятиях, задавать вопросы, поскольку умение обосновывать свою точку зрения, нахождение компромиссного решения в этически выдержанной дискуссии не только важно для лучшего усвоения материала, но и ценится в реальной жизни.

Важным моментом при изучении дисциплины является организация самостоятельной работы. При освоении материала не следует стремиться к механическому запоминанию приведенных определений, формулировок и положений, если требования прямо не указывают на это. Вполне эффективной может оказаться попытка понять суть явления, выработать свое отношение к нему, опираясь на материал, содержащийся в рекомендованной литературе. Сказанное особенно эффективно, когда речь идет о таких требованиях, как «понимает» или «имеет представление». Напротив, если студент имеет дело с требованием к деятельности «должен уметь», то рекомендуется поупражняться в соответствующем виде деятельности. Все это имеет непосредственное отношение к подготовке к практическим занятиям.

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применять компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-



образовательной среды.

10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося (мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения и с нарушением слуха, ассистивные информационные технологии).

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ с помощью специальных технических и программных средств к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах.

Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и особенностям восприятия информации.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий.

При проведении промежуточной аттестации по дисциплине обучающимся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается по их заявлению предоставление в доступной форме в зависимости от их индивидуальных особенностей инструкции о порядке проведения промежуточной аттестации, оценочных средств и возможности ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование предоставленных ЧелГУ или собственных технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

