

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев 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: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322737	Рабочая программа дисциплины "Цифровые модели робототехнических систем" по направлению подготовки (специальности) 02.04.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" направленности (профилю) Робототехника ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1

## Рабочая программа дисциплины (модуля)\*

### Цифровые модели робототехнических систем

#### 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:

Формирование у студентов компетенций в разработке, верификации и применении цифровых моделей робототехнических систем для решения практических задач проектирования, управления и симуляции.

#### Задачи курса

##### Теоретические основы

— Освоить математический аппарат описания кинематики и динамики роботов (матрицы преобразований, кватернионы, уравнения Лагранжа).

— Изучить методы дискретизации непрерывных моделей для численной реализации.

##### Практическое моделирование

— Научиться строить параметрические 3D-модели роботов и их среды в CAD-системах (Komпас-3D, SolidWorks).

— Реализовать цифровые двойники роботов с использованием симуляторов (Gazebo, PyBullet, CoppeliaSim).

##### Программная реализация

— Разработать программные модули для симуляции движения, обработки сенсорных данных и управления.

— Интегрировать модели с реальным ПО управления (ROS 2, MoveIt).

##### Верификация и оптимизация

— Освоить методы валидации моделей путём сравнения с экспериментальными данными.

— Применить вычислительно эффективные алгоритмы для работы в условиях ограниченных ресурсов (встроенные системы, дроны).

##### Применение в задачах

— Спроектировать цифровую модель для типовой задачи: манипуляция объектами, навигация дрона или кооперативное взаимодействие роботов.

Результаты изучения дисциплины направлены на достижение следующих 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.

ПК-1.1. Демонстрирует знание методологии и этапов выполнения научно-исследовательской работы, методов решения научных задач, методики подготовки отчета, в т. ч. выпускной квалификационной работы.

ПК-1.2. Умеет обрабатывать и анализировать научно-техническую информацию и результаты исследований;

выполнять научно-исследовательский или информационно-технологический проект в области робототехнических систем, их подсистем, включая информационно-сенсорные.

ПК-1.3. Имеет навыки научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности, навыки подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке.

ПК-2.1. Демонстрирует знание методов формальной логики, методов решения вариационных задач, методов искусственного интеллекта, нечеткой логики, методов спектрального анализа сигналов, искусственных нейронных сетей.

ПК-2.2. Демонстрирует умения составлять математические модели робототехнических систем, их подсистем, включая информационно-сенсорные, с применением комплекса методов; применять методы и средства математического моделирования при выполнении научно-исследовательских или информационно-технологических проектов в области обработки информации в робототехнических системах.

ПК-2.3. Имеет практический опыт разработки математических моделей робототехнических систем.

ПК-3.1. Демонстрирует знание имеющихся программных пакетов и нового программного обеспечения, необходимого для обработки информации в робототехнических системах, а также для их проектирования; методов проектирования и разработки программного обеспечения, необходимого для обработки информации в робототехнических системах.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Рабочая программа дисциплины "Цифровые модели робототехнических систем" по направлению подготовки (специальности) 02.04.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" направленности (профилю) Робототехника ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 4

ПК-3.2. Демонстрирует умения проектировать и разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации в робототехнических системах; применять методы и средства информационных технологий при выполнении научно-исследовательских или информационно-технологических проектов в области обработки информации в робототехнических системах.

ПК-3.3. Имеет навыки разработки программного обеспечения, необходимого для обработки информации в робототехнических системах.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: К.М.01.02

### 2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Дисциплина «Системы технического зрения» опирается на следующие курсы, предшествующие ей в учебном плане бакалавриата: «Физика», «Математический анализ», «Введение в обработку цифровых сигналов».

Основы робототехники

Распознавание и обработка изображений

Программное обеспечение робототехнических систем

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

Дисциплина "Системы технического зрения" является одной из дисциплин, которые необходимы для освоения следующих дисциплин (модулей):

Управление робототехническими системами

Методы ИИ в инженерных задачах

Компьютерное зрение на производстве

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

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

#### Знать:

– этапы жизненного цикла проекта в области систем технического зрения и выстраивать последовательность их реализации.

#### Уметь:

– формулировать проблему, на решение которой направлен проект;  
– грамотно определять цель проекта в области систем технического зрения.

#### Владеть:

– навыком проектирования решения конкретных задач проекта.

### ПК-1: Способность проведения научно-исследовательских и информационно-технологических разработок в области робототехнических систем, их подсистем, включая информационно-сенсорные

#### Знать:

– проблематику научно-исследовательских и информационно-технологических разработок в области технического зрения.

#### Уметь:

– обрабатывать и анализировать научно-техническую информацию и результаты исследований;  
– проводить научно-исследовательские и информационно-технологические разработки в области технического зрения.

#### Владеть:

– навыками научной аргументации при анализе систем технического зрения;  
– навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке.

### ПК-2: Способность применять методы математического моделирования при исследованиях и информационно-технологических разработках робототехнических систем, их подсистем, включая информационно-сенсорные

#### Знать:



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Рабочая программа дисциплины "Цифровые модели робототехнических систем" по направлению подготовки (специальности) 02.04.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" направленности (профилю) Робототехника ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 5

–методов формальной логики, методов решения вариационных задач, методов искусственного интеллекта, нечеткой логики,

**Уметь:**

составлять математические модели робототехнических систем, их подсистем, включая информационно-сенсорные, с применением комплекса методов; применять методы и средства математического моделирования при выполнении научно-исследовательских или информационно-технологических проектов в области обработки информации в робототехнических системах.

**Владеть:**

– разработки математических моделей робототехнических систем.

**ПК-3: Способность применять методы и средства информационных технологий при исследованиях и информационно-технологических разработках робототехнических систем, их подсистем, включая информационно-сенсорные**

**Знать:**

- о программных пакетах и нового программного обеспечения, необходимого для обработки информации в робототехнических системах, а также для их проектирования

**Уметь:**

проектировать и разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации в робототехнических системах; применять методы и средства информационных технологий при выполнении научно-исследовательских или информационно-технологических проектов в области обработки информации в робототехнических системах.

**Владеть:**

навыки разработки программного обеспечения, необходимого для обработки информации в робототехнических системах.

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	–Этапы жизненного цикла проекта цифрового моделирования: постановка задачи, выбор методологии, построение модели, верификация, интеграция с реальной системой.
3.1.2	-Математический аппарат цифрового моделирования: кинематические цепи (матрицы Денавита–Хартенберга, дуальные кватернионы), уравнения Лагранжа–Эйлера для динамики, методы дискретизации.
3.1.3	-Методы формальной логики и ИИ для проектирования поведения робота; основы спектрального анализа сигналов сенсорных подсистем.
3.1.4	-Принципы построения цифровых двойников и архитектуры ПО для обработки информации в робототехнических системах (ROS 2, middleware).
3.1.5	-Инструментарий: пакеты для моделирования (PyBullet, CoppeliaSim, Gazebo), CAD-системы для параметрического проектирования, библиотеки численного моделирования (NumPy, SciPy).
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	-Формулировать проектную задачу цифрового моделирования: определять границы модели, критерии адекватности, требования к вычислительной эффективности.
3.2.2	-Проектировать математические модели роботов и их сенсорных подсистем (камеры, ИМУ, лидары) с учётом компромисса между точностью и производительностью.
3.2.3	-Реализовывать программные модули цифровой модели: симуляция кинематики/динамики, обработка сенсорных потоков, генерация управляющих воздействий.
3.2.4	-Валидировать модель: сравнивать результаты симуляции с экспериментальными данными, оценивать погрешность, корректировать параметры.
3.2.5	-Готовить техническую документацию: отчёт о моделировании, описание архитектуры ПО, научный обзор по методам цифрового двойника (на русском и английском).
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
3.3.1	-Навыками проектирования последовательности этапов проекта цифрового моделирования под ограничения ресурсов (память, время выполнения).



3.3.2	-Практическими приёмами построения параметрических 3D-моделей в САД и их экспорта в симуляторы.
3.3.3	-Инструментами разработки ПО для цифровых двойников: написание симуляторов на Python/C++, интеграция с ROS 2, профилирование производительности.
3.3.4	-Методикой научной аргументации при выборе модели (например, rigid body vs. flexible links) и обосновании её применимости к целевой задаче.
3.3.5	-Приёмами оптимизации моделей для встраиваемых платформ: упрощение геометрии, снижение частоты дискретизации, применение легковесных нейросетей для обработки сенсорики.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

<b>Общая трудоемкость</b>	<b>3 ЗЕТ</b>
Часов по учебному плану : 108	Виды контроля в семестрах: зачеты 2
в том числе :	
аудиторные занятия : 32	
самостоятельная работа : 75,8	
контактная работа: 32,2 ИКР: 0,2	

#### 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
<b>Раздел 1. Математические основы</b>				
1.1	Математические основы цифрового моделирования роботов /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
1.2	Кинематические цепи: матрицы Денавита–Хартенберга, дуальные кватернионы для пятиосевых систем. Динамика: уравнения Лагранжа–Эйлера. Дискретизация непрерывных моделей. Точность vs. вычислительная сложность. /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
1.3	Построение параметрической 3D-модели и экспорт в симулятор Задача: Создать параметрическую модель манипулятора/дрона в Kompas-3D → экспортировать в URDF → загрузить в PyBullet/CoppeliaSim. Настроить кинематическую цепь, проверить прямую/обратную кинематику. Инструменты: Kompas-3D, Blender (для конвертации), PyBullet. /Пр/	2	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
<b>Раздел 2. Разработка цифровой модели</b>				
2.1	Архитектура цифрового двойника: от геометрии к поведению /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1
2.2	Структура цифрового двойника (геометрический, физический, логический уровни). Интеграция сенсорных моделей (камеры, ИМУ, лидары). Паттерны связи с реальной системой (HIL/SIL). ROS 2 как middleware. /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1
2.3	Реализация цифровой модели динамики на Python Задача: Написать симулятор движения робота с учётом инерции и внешних воздействий. Реализовать дискретизацию уравнений Лагранжа. Визуализировать траекторию и энергетические характеристики. Инструменты: Python (NumPy, SciPy, Matplotlib), Jupyter Notebook. /Пр/	2	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1
2.4	Моделирование сенсорных подсистем и обработка потоковых данных /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1



2.5	Физические модели сенсоров: шум, задержки, калибровка. Спектральный анализ сигналов. Применение лёгких нейросетей для предварительной обработки данных на борту (дроны, встраиваемые платформы). /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3
2.6	Интеграция модели сенсора и обработка сигнала Задача: Смоделировать ИМУ/камеру в симуляторе, сгенерировать «сырой» поток данных с шумом, реализовать фильтр Калмана / спектральный анализ для очистки сигнала. Оценить задержку обработки. Инструменты: PyBullet + OpenCV, SciPy (фильтрация), профилировщик (cProfile). /Пр/	2	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1
2.7	Верификация, оптимизация и применение цифровых моделей /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1
2.8	Методы валидации: сравнение с экспериментом, анализ погрешности. Оптимизация под ограничения ресурсов (память, частота). Сценарии применения: отладка ПО управления, предиктивное обслуживание, обучение ИИ в симуляторе. /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1
2.9	Методы валидации: сравнение с экспериментом, анализ погрешности. Оптимизация под ограничения ресурсов (память, частота). Сценарии применения: отладка ПО управления, предиктивное обслуживание, обучение ИИ в симуляторе. /Пр/	2	4	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1
2.10	Самостоятельная работа направлена на создание цифрового двойника робота или дрона для решения конкретной задачи — например, навигации в условиях отказа внешних систем позиционирования. Студент самостоятельно проектирует математическую модель, реализует программную симуляцию с учётом сенсорных подсистем и верифицирует её на реальных или синтетических данных. Итогом является работающий прототип модели, технический отчёт с обоснованием выбранных методов и демонстрация вычислительной эффективности решения. /Ср/	2	75,8	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1
<b>Раздел 3. Иная контактная работа</b>				
3.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	2	0,2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 6.1. Перечень видов оценочных средств

Практические работы.  
Индивидуальный проект.  
Вопросы для зачета.

### 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Пример практической работы:

Построение параметрической 3D-модели и экспорт в симулятор

Продолжительность: 4 академических часа

Цель:

Освоить сквозной процесс создания цифровой геометрической модели робота в САПР и её преобразования в исполняемую кинематическую модель симулятора.

Задание:

Спроектировать параметрическую модель 3-звенного манипулятора (или квадрокоптера с подвижными двигателями) и интегрировать её в среду физической симуляции с корректной кинематикой.

Этапы выполнения:

Проектирование в КОМПАС-3D (60 мин)

— Создать сборку из твёрдотельных деталей: база, три звена, соединённые цилиндрическими шарнирами (для манипулятора) либо рама + 4 двигателя с пропеллерами (для дрона).

— Задать параметрические связи: длина звеньев — переменные L1, L2, L3; массы — через свойства материала (алюминий/пластик).

— Экспортировать каждую деталь в формате STEP или STL с сохранением иерархии сборки.



#### Конвертация в URDF (60 мин)

— Импортировать геометрию в Blender: выровнять оси (Z-вверх → соответствует оси вращения шарнира), установить центры масс.

— Вручную составить файл robot.urdf:

— Проверить структуру через check\_urdf robot.urdf.

#### Загрузка и тестирование в PyBullet (90 мин)

— Написать Python-скрипт:

#### Примеры заданий для индивидуального проекта

-Цифровой двойник пятиосевого станка с вращающимся столом

Моделирование кинематики с дуальными кватернионами, верификация траекторий резания, оптимизация под ограничения скорости/ускорения шпинделя.

-Симулятор навигации дрона в GPS-отказе на основе ИМУ и визуальной одометрии

Модель шумов ИМУ, синтез фильтра Калмана, интеграция с легковесным алгоритмом feature matching (ORB), верификация на датасете полёта.

-Цифровая модель кооперативного манипулятора для захвата деформируемых объектов

Гибридная модель: жёсткая кинематика манипулятора + масс-пружинная модель объекта, симуляция контакта, анализ влияния параметров захвата на деформацию.

-Симулятор роботизированной ячейки с двумя промышленными роботами-манипуляторами

Моделирование кинематических цепей, расчёт зон совместной работы, предотвращение коллизий через прогнозирование траекторий в реальном времени.

-Цифровой двойник наземного робота с дифференциальным приводом для навигации по карте местности

Модель взаимодействия колёс с поверхностью (проскальзывание), интеграция лидара в симулятор, тестирование алгоритма SLAM в условиях шума измерений.

### 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

#### Перечень вопросов к зачету

1. Этапы жизненного цикла цифровой модели робототехнической системы: от постановки задачи до интеграции с реальным устройством.
2. Матрицы Денавита–Хартенберга: правила назначения систем координат, ограничения метода, пример параметризации 3-звенного манипулятора.
3. Дуальные кватернионы: преимущества перед матрицами преобразований при моделировании пятиосевых систем с вращающимся столом.
4. Уравнения Лагранжа–Эйлера для составления динамической модели манипулятора: выбор обобщённых координат, учёт инерции звеньев и внешних сил.
5. Структура цифрового двойника: геометрический, физический и логический уровни; примеры их реализации для дрона.
6. Моделирование шумов и дрейфа в ИМУ: математическое описание, влияние на точность одометрии, методы компенсации в симуляторе.
7. Формат URDF: типичные ошибки при экспорте из САПР и способы их устранения.
8. Прямая и обратная кинематика в среде PyBullet: методы расчёта, ограничения calculateInverseKinematics(), обработка сингулярностей.
9. Верификация цифровой модели: критерии адекватности, методы сравнения симуляции с экспериментальными данными, оценка погрешности.
10. Оптимизация модели под встраиваемую платформу: упрощение геометрии коллизий, снижение частоты дискретизации, квантизация вычислений.
11. Спектральный анализ сигналов сенсоров в задачах фильтрации: применение БПФ для выявления помех в данных ИМУ.
12. Архитектура связи цифрового двойника с реальным роботом: роль middleware (ROS 2) в синхронизации состояний.
13. Моделирование контакта «робот–объект»: подходы (пенетрация, импульсные силы), выбор параметров жёсткости и демпфирования в симуляторе.
14. Применение лёгких нейросетей (MobileNet, TinyML) для предварительной обработки визуальных данных внутри цифровой модели.
15. Анализ вычислительной сложности алгоритмов кинематики: сравнение матричного и кватернионного подходов по операциям умножения/сложения.
16. Построение параметрической модели в КОМПАС-3D: принципы задания связей между эскизами для обеспечения корректного экспорта в симулятор.
17. Методы генерации синтетических датасетов в симуляторе для обучения алгоритмов компьютерного зрения и



навигации.

18. Обоснование выбора между физической точностью и вычислительной эффективностью при проектировании цифровой модели для бортового применения.

#### 6.4. Критерии оценивания

Порядок проведения промежуточной аттестации

В течение семестра студент должен выполнить практические работы, каждая из которых оценивается в 15 баллов. Максимальный балл за практическую работу – 5 баллов.

Максимальный балл за практические работы в семестре – 30 баллов.

Также необходимо отвечать на вопросы устного опроса в конце каждого занятия.

Максимальный балл за устный опрос – 5 баллов.

Допуском до проведения зачета являются сданные студентом практические работы в течение семестра. Зачет проводится в один этап, на котором студент отвечает на два теоретических вопроса. Продолжительность – 30 минут. Максимальный балл за ответ на теоретический вопрос – 15 баллов.

Сводная таблица рейтинга успеваемости

№	Перечень контрольных мероприятий в семестре	Максимальное кол-во баллов
1	Практическая работа №1,2	6x5=30
2	Устный опрос	8x5=40
3	Зачет (теоретический вопрос)	2x15=30
	Итого	100

Критерии оценивания теоретического вопроса зачета

Максимальный балл за ответ на теоретический вопрос – 15 баллов.

зачтено/12-15 баллов - Студентом дан полный, в логической последовательности развернутый ответ на поставленный вопрос, в котором он продемонстрировал знания предмета в полном объеме учебной программы, достаточно глубоко осмысливает дисциплину, самостоятельно, и исчерпывающе отвечает на дополнительные вопросы, приводит собственные примеры по проблематике поставленного вопроса.

зачтено/8-11 баллов - Студентом дан развернутый ответ на поставленный вопрос, в котором студент демонстрирует знания, приобретенные на лекционных и семинарских занятиях, а также полученные посредством изучения обязательных учебных материалов по курсу, дает аргументированные ответы, приводит примеры, в ответе присутствует логичность и последовательность. Однако допускается неточность в ответе.

зачтено/4-7 баллов - Студентом дан ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой дисциплины, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы, знанием основных вопросов теории, слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры, недостаточной логичностью и последовательностью.

не зачтено/0-3 балла - Студентом дан ответ, который содержит ряд серьезных неточностей, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы, незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов, неумением давать аргументированные ответы, отсутствием логичности и последовательности. Выводы поверхностны. Студент не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.

Критерии оценки практической работы

Максимальный балл за практическую работу – 15 баллов.

5 баллов - практическая работа выполнена полно и правильно в соответствии с заданием, вывод сделан самостоятельно, технически правильным языком, даны верные ответы на контрольные вопросы, по заданию преподавателя продемонстрированы дополнительные действия в рамках тематики работы;

4 балла – практическая работа выполнена полно и правильно в соответствии с заданием, вывод сделан самостоятельно, технически правильным языком, даны не полные ответы на контрольные вопросы, по заданию преподавателя продемонстрированы дополнительные действия в рамках тематики работы;

3 балла – практическая работа выполнена полно и правильно в соответствии с заданием, вывод сделан самостоятельно, технически правильным языком, даны не полные ответы на контрольные вопросы, по заданию преподавателя не продемонстрированы дополнительные действия в рамках тематики работы;

1-2 балла – при выполнении практической работы обучающимся допущены существенные ошибки по содержанию учебного материала, работа выполнена с нарушением, допущены грубые ошибки, на контрольные вопросы даны не верные ответы.

0 баллов – не выполнена практическая работа.

Критерии оценивания вопроса устного опроса

Максимальный балл за ответ на вопрос – 5 баллов.



зачтено/5 баллов - Обучающийся отлично знает материал, умеет анализировать проблему и аргументировано изложить свою точку зрения. Обучающийся практически не допускает ошибок.  
зачтено/ 4 балла - Обучающийся хорошо знает материал, умеет анализировать проблему и аргументировано изложить свою точку зрения. Обучающийся допускает незначительные ошибки.  
зачтено/3 балла - Обучающийся знаком с материалом. Обучающийся допускает фактические ошибки.  
не зачтено/0-2 балла - Обучающийся не знает основных положений вопроса, не ориентируется в основных понятиях, излагает материал с трудом, с грубыми фактическими ошибками, либо отказывается от ответов на вопросы.

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации. Полученные за текущую аттестацию баллы суммируются с баллами, полученными за каждый этап при прохождении промежуточной аттестации. В течении семестра проводится практические работы по одному из рассматриваемых разделов, которые осуществляют срез знаний по основным понятиям, определениям и задачам.

Для зачета:

0-64 баллов – выставляется «не зачтено»

от 65 баллов и выше – выставляется «зачтено».

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

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л1.1	Панфилова Е.Е., Галичкина М.А., Борисова В.В.	Цифровая трансформация промышленности: тренд или необходимость: сборник статей ( <a href="https://book.ru/book/939401">https://book.ru/book/939401</a> )	Москва : Русайнс, 2020	ЭБС
Л1.2	Панфилова Е.Е.	Цифровая трансформация промышленности: тенденции и перспективы: сборник статей ( <a href="https://book.ru/book/943483">https://book.ru/book/943483</a> )	Москва : Русайнс, 2022	ЭБС

#### 7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Ресурс
Л2.1	Домненко В. М., Бурсов М. В., Иванова Т. В.	Моделирование формирования оптического изображения ( <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=43559">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=43559</a> )	Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2011	ЭБС
Л2.2	Абрамов А.В., Шустов Ю. С., Родичева М.В.	Текстильное материаловедение в условиях Индустрии 4.0: цифровые двойники текстильных материалов: монография ( <a href="https://znanium.ru/catalog/document?id=458286">https://znanium.ru/catalog/document?id=458286</a> )	Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2025	ЭБС
Л2.3	Янченко В.С.	nanoCAD – просто эффективно перспективно. Самоучитель САПР с нуля: учебник ( <a href="https://book.ru/book/944761">https://book.ru/book/944761</a> )	Москва : Русайнс, 2022	ЭБС

### 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ) - тематическая электронная библиотека и база данных для исследований и учебных курсов <a href="http://www.uisrussia.msu.ru">http://www.uisrussia.msu.ru</a>
Э2	ГОСТы (официальные тексты) в помощь оформлению курсовых, выпускных квалификационных работ, диссертационных исследований - коллекция ссылок на ресурсы сайта Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт), размещённая на сайте филиала <a href="http://www.sgpi.ru/?n=2417">http://www.sgpi.ru/?n=2417</a>
Э3	Интернет университет информационных технологий <a href="http://www.intuit.ru/">http://www.intuit.ru/</a>
Э4	Научная библиотека Челябинского государственного университета <a href="http://www.lib.csu.ru/">http://www.lib.csu.ru/</a>

### 7.3 Перечень информационных технологий

#### 7.3.1 Программное обеспечение

Adobe Reader

Notepad++

Python



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Рабочая программа дисциплины "Цифровые модели робототехнических систем" по направлению подготовки (специальности) 02.04.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" направленности (профилю) Робототехника ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 11

LMS Moodle

### 7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

1. Консультант Плюс [Электронный ресурс] : справочно-правовая система : база данных / Регион. центр правовой информ. Информправо.
2. eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека [научной периодики на русском языке ]. – Москва, [1999-]. - Доступ к полным текстам после регистрации из сети ЧелГУ. – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>.
3. Scopus (<https://www.scopus.com>) Scopus : реферативная база данных / Elsevier BV. – URL: <http://www.scopus.com/>. – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения: проектором, экраном, магнитно-маркерной доской, маркером; с возможностью демонстрации электронных презентаций при уровне освещения, достаточном для работы с конспектом.

Для проведения занятий лекционного типа имеется демонстрационное оборудование: проектор, экран.

Для проведения лабораторных работ и самостоятельной работы используется компьютерный класс с выходом в Интернет и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, с установленным программным обеспечением, указанным в п.7.3.1.

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

При изучении данной дисциплины используются лекционные, практические 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.

На практических занятиях рассматриваются разработка и реализация систем технического зрения. 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 лабораторных и лекционных 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.

В случае применения при обучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального времени (онлайн-лекции (вебинары), чаты, видео-конференции и др.) или отложенного времени (система дистанционного обучения Moodle, видеохостинг YouTube, форумы, электронная почта и др.).

Большую часть времени обучающиеся самостоятельно работают с учебно-методическими материалами. Студенты имеют возможность консультироваться с преподавателем по всем вопросам, возникающим в ходе самостоятельной работы посредством электронной почты, мессенджеров, социальных сетей и т.п.

Доступ обучающегося к учебным ресурсам в режиме отложенного времени, самостоятельной работы осуществляется через сеть Интернет в удобном для него месте, времени и темпе.

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 обучающимся 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-



## 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.

