

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаскаев Сергей Валерьевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 15.06.2026 12:28:21
Уникальный программный ключ:
04c19ed8bf098f3bb6d173486b9a8788b8327373



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

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Цифровые модели
робототехнических систем» по направлению подготовки 02.04.02 «Фундаментальная информатика и
информационные технологии» направленности «Робототехника» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 1

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)
«Цифровые модели робототехнических систем»

Направление подготовки (специальность)
02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»

Направленность (профиль)
«Робототехника»

Присваиваемая квалификация
Магистр

Форма обучения
Очная

Год набора
2026

Челябинск, 2026 г.



Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств	3
2. Перечень формируемых компетенций	4
3. Содержание оценочных средств по дисциплине	6
3.1. Виды оценочных средств	6
3.2. Содержание оценочных средств	8
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации	10
4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации	10
4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств	10
4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций.....	11



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

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Цифровые модели робототехнических систем» по направлению подготовки 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии» направленности «Робототехника» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 3

1. Паспорт фонда оценочных средств

Направление подготовки: 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Направленность (профиль): Робототехника.

Дисциплина: Цифровые модели робототехнических систем.

Семестры: 2.

Форма промежуточной аттестации: зачет во 2 семестре.

Для оценивания результатов обучения используется балльно-рейтинговая система.



2. Перечень формируемых компетенций

Изучение дисциплины «Цифровые модели робототехнических систем» направлено на формирование компетенций, приведённых в 1.

Таблица 1. Результаты обучения по дисциплине.

Код и наименование компетенции согласно ФГОС	Индикаторы достижения компетенций согласно ОПОП ВО	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
УК-2: Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	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.	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	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.	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	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	Знать 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.



	проектов в области обработки информации в робототехнических системах. ПК-2.3. Имеет практический опыт разработки математических моделей робототехнических систем.	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	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. 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.	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.



3. Содержание оценочных средств по дисциплине

3.1. Виды оценочных средств

Таблица 2. Виды оценочных средств.

Код, наименование компетенции согласно ФГОС	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине	Контролируемые темы/разделы (номер и название раздела из РПД п.2.2)	Семестр	Номер задания	Наименование оценочного средства
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.	Математические основы Разработка цифровой модели	2	1-5	Индивидуальный проект
	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.			1	Практическая работа
	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 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.			1-18	Вопросы к зачету
	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.				

Типовые задания, критерии и показатели оценивания в рамках текущего контроля представлены в рабочей программе дисциплины (модуля). Полные комплекты оценочных средств и контрольно-измерительных материалов хранятся на кафедре.

3.2. Содержание оценочных средств

Промежуточная аттестация проводится в виде зачета во 2 семестре.

Примеры заданий для индивидуального проекта:

1. Цифровой двойник пятиосевого станка с вращающимся столом
Моделирование кинематики с дуальными кватернионами, верификация траекторий резания, оптимизация под ограничения скорости/ускорения шпинделя.
2. 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.
3. 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.
4. Симулятор роботизированной ячейки с двумя промышленными роботами-манипуляторами
Моделирование кинематических цепей, расчёт зон совместной работы, предотвращение коллизий через прогнозирование траекторий в реальном времени.
5. 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.

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 L_1, L_2, L_3 ; 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)

Вопросы 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.



4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

4.1. 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.

4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств

Сводная таблица рейтинга успеваемости

№	Перечень контрольных мероприятий в семестре	Максимальное кол-во баллов
1	Практическая работа №1,2	2x15=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.

4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

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».

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

Уровни сформированности компетенций определяется следующим образом:

1. Продвинутый уровень сформированности компетенций соответствует оценке «зачтено»:



Обучающийся владеет знаниями предмета в полном объеме учебной программы, достаточно глубоко осмысливает дисциплину; самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на все вопросы, подчеркивает при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделять в нем главное: устанавливать причинно-следственные связи; четко формирует ответы.

2. Базовый уровень соответствует оценке «зачтено»:

Обучающийся владеет знаниями дисциплины почти в полном объеме программы (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); самостоятельно и отчасти при наводящих вопросах дает полноценные ответы на вопросы; не всегда выделяет наиболее существенное, не допускает вместе с тем серьезных ошибок в ответах.

3. Пороговый уровень соответствует оценке «зачтено»:

Обучающийся владеет основным объемом знаний по дисциплине; проявляет затруднения в самостоятельных ответах, оперирует неточными формулировками; в процессе ответов допускает ошибки по существу вопросов.

4. Низкий уровень соответствует оценке «не зачтено»:

Обучающийся не освоил обязательного минимума знаний предмета, не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах экзаменатора.

