Подписано электронной подписью:
Вержицкий Данил Григорьевич
Должность: Директор КГПИ КемГУ
Дата и время: 2025-04-23 00:00:00
471086fad29a3b30e244c728abc3661ab35c9d50210dcf0e75e03a5b6fdf6436

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«КЕМЕРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кузбасский гуманитарно-педагогический институт

Факультет информатики, математики и экономики

УТВЕРЖДАЮ

Декан А.В. Фомина

« 09 » февраля 2023 г.

Рабочая программа дисциплины

К.М.09.05 Промышленные роботизированные системы и комплексы

Код, название дисциплины

Направление подготовки

09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Код, название направления

Направленность (профиль) подготовки

Автоматизированные системы обработки информации и управления

Программа бакалавриата

Квалификация выпускника

бакалавр

Форма обучения

Заочная

Год набора 2023

Новокузнецк 2023

Содержание

1. Цель дисциплины 3
1.1. Формируемые компетенции, индикаторы достижения компетенций, знания, умения, навыки .3
1.2. Место дисциплины 4
2. Объём и трудоёмкость дисциплины по видам учебных занятий.
Формы промежуточной аттестации. 4
3. Учебно-тематический план и содержание дисциплины. 4
3.1. Учебно-тематический план 4
4. Порядок оценивания успеваемости и сформированности компетенций обучающегося
в текущей и промежуточной аттестации. 5
5. Материально-техническое, программное и учебно-методическое обеспечение дисциплины.....7
5.1. Учебная литература 7
5.2. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины. 8
5.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы. 8
6. Иные сведения и (или) материалы. 8
6.1. Примерные темы и варианты письменных учебных работ. 8
6.2. Примерные вопросы и задания / задачи для промежуточной аттестации. 9

1. Цель дисциплины

В результате освоения данной дисциплины у обучающегося должны быть сформированы компетенции основной профессиональной образовательной программы бакалавриата (далее – ОПОП): ПК-1, ПК-2.

1.1. Формируемые компетенции, индикаторы достижения компетенций, знания, умения, навыки

Таблица 1 – Индикаторы достижения компетенций, формируемые дисциплиной

Код и название компетенции	Индикаторы достижения компетенции, закрепленные за дисциплиной	Знания, умения, навыки (ЗУВ), формируемые дисциплиной
ПК-1. Способен к анализу, исследованию и моделированию процессов, связанных с функционированием объектов и систем управления	ПК-1.3. Разрабатывает модели процессов, связанных с функционированием объектов и систем управления.	Знать: - теоретические основы моделирования робототехнических систем; Уметь: - составлять модели робототехнических систем; Владеть: - навыками компьютерного моделирования с использованием программных пакетов для моделирования.
ПК-2 - Способен разрабатывать отдельные элементы и подсистемы автоматизированных систем.	ПК-2.2. Разрабатывает компоненты и подсистемы автоматизированных систем управления технологическими процессами	Знать: - виды и назначение робототехнических устройств; - области применения роботов; - виды и возможности робототехнических конструкторов; - этапы создания робототехнического устройства. Уметь: применять основы робототехники в управлении технологическими процессами; - конструировать отдельные узлы робототехнического устройства; - проектировать и конструировать робототехническое устройство для выполнения определённых действий; - программировать действия робототехнических устройств; программировать реакцию робототехнических устройств на внешние воздействия. Владеть: - навыками проектирования и конструирования робототехнического устройства для выполнения определённых действий.

1.2. Место дисциплины

Дисциплина включена в модуль «Основы автоматизации управления производством» ОПОП ВО, , часть, формируемая участниками образовательных отношений. Дисциплина осваивается на 5 курсе, в летнюю сессию.

2. Объём и трудоёмкость дисциплины по видам учебных занятий. Формы промежуточной аттестации.

Таблица 2 -- Объем и трудоемкость дисциплины по видам учебных занятий

Общая трудоемкость и виды учебной работы по дисциплине, проводимые в разных формах	Объём часов по формам обучения		
	ОФО	ОЗФО	ЗФО
1 Общая трудоемкость дисциплины			**72**
2 Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)			
Аудиторная работа (всего):			
в том числе:			
лекции			4
практические занятия, семинары			12
практикумы			
лабораторные работы			
в интерактивной форме			
в электронной форме			
Внеаудиторная работа (всего):			
в том числе, индивидуальная работа обучающихся с преподавателем			
подготовка курсовой работы /контактная работа[1]			
групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие групповую или индивидуальную работу обучающихся с преподавателем)			
творческая работа (эссе)			
3 Самостоятельная работа обучающихся (всего)			52
4 Промежуточная аттестация обучающегося – **зачет**	-		4

3. Учебно-тематический план и содержание дисциплины.

3.1. Учебно-тематический план

Таблица 3 – Учебно-тематический план

№ п/п	**Разделы и темы дисциплины по занятиям**	**Общая трудоёмкость** *(всего час.)*	**Трудоемкость занятий (час.)**				**Формы текущего контроля и промежуточной аттестации успеваемости**
			ЗОФО				
			Аудиторные занятия			**СРС**	
			лекц.	**практ.**	**лаб.**		
1.	История развития робототехники. Моральные дилеммы роботизированного будущего.	6				6	Устный опрос, решение учебных задач

[1] *Часы, выделенные в УП на курсовое проектирование в контактной форме (3 часа)*

№ п/п	Разделы и темы дисциплины по занятиям	Общая трудоёмкость *(всего час.)*	Трудоемкость занятий (час.) ЗОФО				Формы текущего контроля и промежуточной аттестации успеваемости
			Аудиторные занятия			СРС	
			лекц.	практ.	лаб.		
2.	Виды, классификация и устройство роботов.	8	2		2	4	Устный опрос, решение учебных задач
3.	Конфигурационное пространство. Движение твердого тела на плоскости и в пространстве.	6			2	4	Устный опрос, решение учебных задач
4.	Прямая кинематика.	8				8	Устный опрос, решение учебных задач
5.	Кинематика и статика скорости.	8				8	Устный опрос, решение учебных задач
6.	Обратная кинематика.	8				8	Устный опрос, решение учебных задач
7.	Управление роботом. Генерация траектории. Колесные роботы. Планирование движения.	8			2	6	Устный опрос, решение учебных задач
8.	Проектирование средств робототехники. Робототехнические системы в промышленности.	8	2		4	2	Устный опрос, решение учебных задач
9.	Моделирование робототехнических систем. Arduino – платформа, среда разработки, онлайн-эмулятор. Lego. Среда симуляции CoppeliaSim.	8			2	6	Устный опрос, решение учебных задач
	Промежуточная аттестация	4					Зачет
	Всего:	**72**	**4**		**12**	**52**	**4**

4. Порядок оценивания успеваемости и сформированности компетенций обучающегося в текущей и промежуточной аттестации.

Для положительной оценки по результатам освоения дисциплины обучающемуся необходимо выполнить все установленные виды учебной работы. Оценка результатов работы обучающегося в баллах (по видам) приведена в таблице 4.

Таблица 4.1 - Балльно-рейтинговая оценка результатов учебной работы обучающихся по видам (БРС)

Учебная работа (виды)	Сумма баллов	Виды и результаты учебной работы	Оценка в аттестации	Баллы (18 недель)
Текущая учебная работа ОФО (7 семестр)				
Текущая учебная работа в семестре (посещение занятий по расписанию и выполнение заданий)	**80** (100% /баллов приведенной шкалы)	Лекционные занятия	посещение лекционных занятий	2 - 8
		Практические занятия	– посещение занятия и выполнение задания на 51-86% – посещение занятия и существенный вклад на занятии в работу всей группы, самостоятельность и выполнение работы на 85.1-100%	18 – 30
		Написание реферата по выбранной теме	11 б.: не показано понимание темы, умение критического анализа информации. Библиография ограничена, нет должного анализа литературы по проблеме, тема работы раскрыта частично, работа выполнена в основном самостоятельно, не содержит элементов анализа реальных проблем. Не все рассматриваемые вопросы изложены достаточно глубоко, есть нарушения логической последовательности.	11 – 20

			16 б.: показано понимание темы, умение критического анализа информации. В работе использована основная литература по теме (методическая и научная), дано теоретическое обоснование темы, раскрыто основное содержание темы, работа выполнена преимущественно самостоятельно, содержит проблемы применения теоретических положений в профессиональной деятельности. Изложение материала работы отличается логической последовательностью, наличием иллюстративно-аналитического материала (таблицы, диаграммы, схемы и т. д.- при необходимости), ссылок на литературные и нормативные источники. Имеются недостатки, не носящие принципиального характера, работа корректно оформлена. 20 б: показано понимание темы, умение критического анализа информации. Используется основная литература по проблеме, дано теоретическое обоснование актуальности темы, проведен анализ литературы, показано применение теоретических положений в профессиональной деятельности, работа корректно оформлена (орфография, стиль, цитаты, ссылки и т.д.). Изложение материала работы отличается логической последовательностью, наличием иллюстративно-аналитического материала (таблицы, диаграммы, схемы и т. д. – при необходимости), ссылок на литературные и нормативные источники.	
		Контрольная работа	10 б – студент получает за полностью выполненное задание контрольной работы при наличии в ней существенных неточностей и недочетов, не умении студента верно применить полученные знания, в оформлении работы есть нарушения, неактуальные или ненадежные источники информации 16 б – студент выполнил все задания, показал хорошие знания по пройденному материалу, но есть недочеты в оформлении контрольной работы и общие небольшие замечания, не влияющие на ее качество. 22 б – студент полностью выполнил задание контрольной и проявил отличные знания учебного материала. При этом работа оформлена в соответствии с требованиями, к ней можно предъявить минимум замечаний	10-22
Итого по текущей работе в семестре				41-80
Промежуточная аттестация				
Промежуточная аттестация (экзамен)	**20** (100% /баллов приведенной шкалы)	Вопрос 1.	**10 баллов** (пороговое значение) **20 баллов** (максимальное значение)	5- 10
		Решение задачи 1.	**10 баллов** (пороговое значение) **20 баллов** (максимальное значение)	5 – 10
Итого по промежуточной аттестации (зачет)				10-20
Суммарная оценка по дисциплине: Сумма баллов текущей и промежуточной аттестации 51 – 100 баллов.				

Итоговая оценка выставляется в ведомость согласно следующему правилу (таблица 4.2):

Таблица 4.2. Оценка уровня сформированности компетенций в промежуточной аттестации

Критерии оценивания компетенции	**Уровень сформированности компетенции**	**Итоговая оценка**	**Оценка по 100-балльной шкале**

Обучающийся не владеет теоретическими основами дисциплины и научной терминологией, демонстрирует отрывочные знания, не способен решать практические профессиональные задачи, допускает множественные существенные ошибки в ответах, не умеет интерпретировать результаты и делать выводы.	недопустимый	неудовлетворительно	Менее 51 балла
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины и научной терминологией, фрагментарно способен решать практические профессиональные задачи, допускает несколько существенных ошибок решениях, может частично интерпретировать полученные результаты, допускает ошибки в выводах.	пороговый	удовлетворительно	51-65
Обучающийся владеет теоретическими основами дисциплины и научной терминологией, грамотно излагает материал, способен решать практические профессиональные задачи, но допускает отдельные несущественные ошибки в интерпретации результатов и выводах.	повышенный	хорошо	66-85
Обучающийся в полной мере владеет теоретическими основами дисциплины и научной терминологией, грамотно излагает материал, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических профессиональных задач. Правильно интерпретирует полученные результаты и делает обоснованные выводы.	продвинутый	отлично	86-100

5. Материально-техническое, программное и учебно-методическое обеспечение дисциплины.

5.1. Учебная литература

Основная учебная литература

Основная литература

1. Иванов, А. А. Основы робототехники : учебное пособие / А. А. Иванов. — 2-е изд., испр. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 223 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-012765-1. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1155006 (дата обращения: 28.01.2021). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Киселев, М. М. Робототехника в примерах и задачах: курс программирования механизмов и роботов : учебное пособие / М. М. Киселев. - 2-е изд., испр. - Москва : СОЛОН-Пресс, 2019. - 136 с. - ISBN 978-5-91359-326-9. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1227725 (дата обращения: 28.01.2021). – Режим доступа: по подписке.

5.2. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины.

В обучении используются информационные технологии на базе компьютерных классов учебного корпуса №4 (пр. Металлургов 19).

501 Компьютерный класс. Учебная аудитория (мультимедийная)для проведения:
- занятий лекционного типа;
- занятий семинарского (практического) типа;
- групповых и индивидуальных консультаций;
- текущего контроля и промежуточной аттестации.

Специализированная (учебная) мебель: доска меловая, кафедра, столы компьютерные, стулья.

Оборудование для презентации учебного материала: стационарное - компьютер преподавателя, экран, проектор.

Оборудование: стационарное - компьютеры для обучающихся (17 шт.).

Используемое программное обеспечение: MS Windows (Microsoft Imagine Premium 3 year по сублицензионному договору), LibreOffice (свободно распространяемое ПО), FoxitReader (свободно распространяемое ПО), Firefox 14 (свободно распространяемое ПО), Яндекс.Браузер (отечественное свободно распространяемое ПО), CopelliaSim Edu (бесплатная учебная версия).

Интернет с обеспечением доступа в ЭИОС.

5.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

1. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Раздел. Информатика и информационные технологии» - http://window.edu.ru/
2. http://citforum.ru/programming/asm.shtml
3. Крупнейший веб-сервис для хостинга IT-проектов и их совместной разработки- https://github.com/
4. База книг и публикаций Электронной библиотеки "Наука и Техника" - http://www.n-t.ru
5. Электронный ресурс. Среда разработки автоматизированных робототехнических систем: https://www.coppeliarobotics.com/downloads.
6. Описание и порядок использования: https://www.coppeliarobotics.com/helpFiles/

6. Иные сведения и (или) материалы.

6.1. Примерные темы и варианты письменных учебных работ.

6.1. Темы рефератов

1. Моральные дилеммы роботизированного будущего.
2. Современные тенденции развития мехатронных систем и робототехники
3. История развития робототехники в России и за рубежом.
4. Математическое обеспечение систем управления роботами.
5. Конечно-автоматное описание алгоритмов управления роботами.
6. Векторно-матричные методы, применяемые в робототехнике.
7. Проектирования систем логического управления роботами.
8. Техническая аппаратная реализация систем логического управления.
9. Синтез управляющих устройств роботов.
10. Средства очувствления промышленных роботов.
11. Системы технического зрения роботов.
12. Перспективы развития промышленного применения робототехники.
13. Критический анализ роботов, используемых в различных предметных областях.
14. Основные задачи и направления роботизации в различных сферах (по выбору студента).

6.2. Контрольная работа

Контрольная работа выполняется по вариантам. В контрольной работе студент должен решить 8 задач по темам 2 – 9 (по одной на каждую тему). Задание формируется из задач, аналогичных приведенным в п. 6.2.

6.2. Примерные вопросы и задания / задачи для промежуточной аттестации.

Примерные теоретические вопросы к зачету.

Тема 1.

1. Чем занимался первый легендарный робот «Талос»?
2. Каковы опасности широкой роботизации в ближайшем будущем?

Тема 2.

1. Что такое коллаборативный робот и чем он отличается от классического промышленного манипулятора?
2. Какие существуют типы приводов роботов, их краткие характеристики.
3. Сварочный робот.
4. Робот для автоматизации штамповочных операций.
5. Типы роботов.
6. Перечислить и охарактеризовать типичные соединения элементов роботов (6 штук).

Тема 3.

1. Что такое «конфигурационное пространство» (C-space)?
2. Топология конфигурационного пространства (4 штуки).
3. Широта и долгота - координаты сферического пространства.
4. Пространство задач и рабочее пространство.
5. Матрица поворота.
6. Угловые скорости.
7. Однородные матрицы преобразования, их свойства.

Тема 4.

1. Прямая кинематика. Положение концевого эффектора для плоской системы 4R.
2. Поиск решения по условию следования от базовой (неподвижной) части манипулятора в

сторону конечного эффектора.

3. Поиск решения по условию следования от конечного эффектора в сторону базовой (неподвижной) части манипулятора.

Тема 5.

1. Определение скоростей перемещений сочленений. Матрица Якоби (якобиан).
2. Анализ кинематической сингулярности - случаи её возникновения (5 штук – 5 вопросов)…

Тема 6.

1. Общая постановка задачи расчета обратной кинематики. Основные особенности.
2. Численный алгоритм обратной кинематики.

Тема 7.

1. Виды расчётов траекторий. Траектория от точки к точке.
2. Оптимизация траектории по времени.
3. Типы задач планирования движения.
4. Методы планирования движения.
5. Конфигурация препятствий в пространстве.
6. Стратегии управления роботом.
7. Управление движением робота вводом скорости, например, шаговым двигателем.
8. Управление с обратной связью – PID-регулирование.

Тема 8.

1. Постановка задачи проектирования средств робототехники.
2. Типы колес мобильных роботов.
3. Планирование и расчет движения голономных мобильных роботов.
4. Планирование и расчет движения неголономных мобильных роботов.
5. Одометрия.

Тема 9.

1. Моделирование как исследование новых робототехнических систем.
2. Возможности использования комплектов LEGO, Arduino.
3. Среда компьютерного моделирования CoppeliaSim. Разработка конструктива робота.
4. Среда компьютерного моделирования CoppeliaSim. Создание скриптов управления.

Примеры задач.

Тема 2.

2.1 Что представляют собой манипуляторы RRR, RPR, RRPRR, PPR. Привести примеры возможного применения.

2.2 Приведите и поясните основные характеристики боевых роботов.

Тема 3.

3.1 На рисунке 1 представлен робот, используемый для реабилитации руки человека.

Определите количество степеней свободы цепи, образованной рукой человека и роботом.

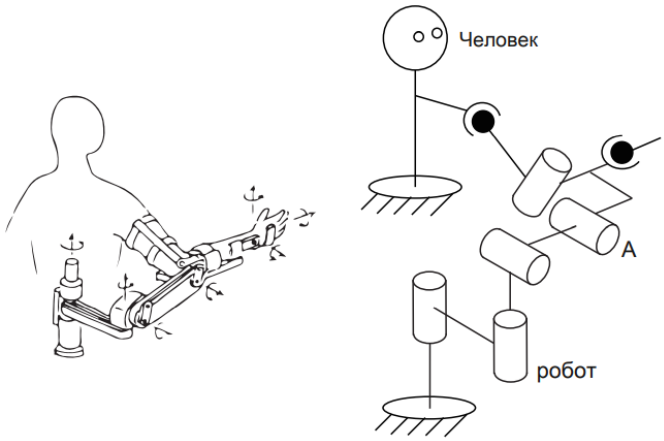


Рисунок 1. Схема робота для реабилитации руки человека.

3.2 Четыре системы координат показаны в рабочем пространстве робота на рисунке 2 ниже: глобальная {a}, исполнительный элемент рабочего органа {b}, камеры наблюдения {c} и заготовки {d}.

1. Найдите Tad и Tcd (однородные матрицы преобразования) в соответствии с размерами, указанными на рисунке.

2. Найти Tab, учитывая, что

$$T_{bc} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

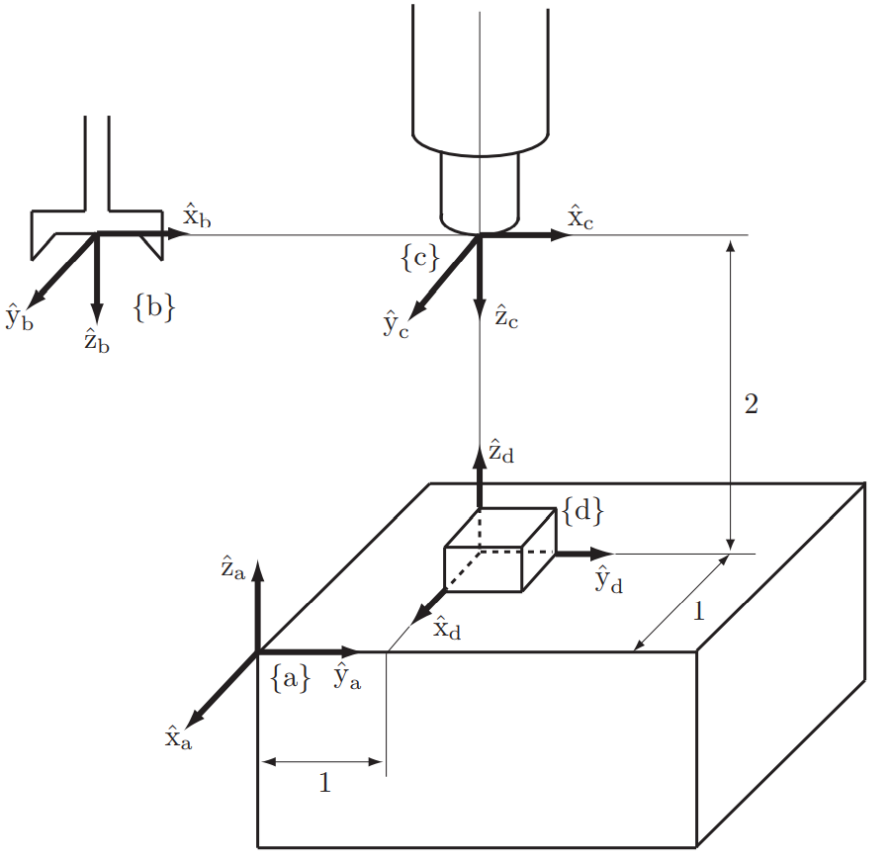
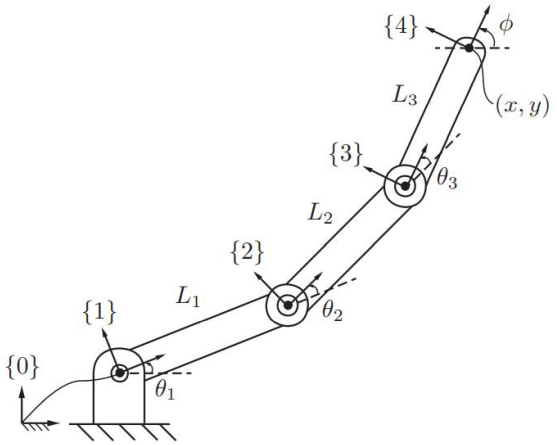


Рисунок 2. Четыре системы отсчета.

Тема 4.

4.1 Определить положение конечного эффектора для манипулятора, схема которого представленного на рисунке 3 ниже. Проанализировать геометрию при различных сочетаниях исходных данных.



исходные данные					
L1	L2	L3	θ1	θ2	θ3
20	20	20	15	15	15
10	20	30	20	15	10
30	20	10	20	15	10

Рисунок 3. Робот 3R и несколько вариантов исходных данных для задачи (задаются преподавателем индивидуально каждому студенту).

4.2 Решить задачу прямой кинематики (установить кинематические зависимости между звеньями) для следующей конструкции манипулятора RRRP (рис. 4):

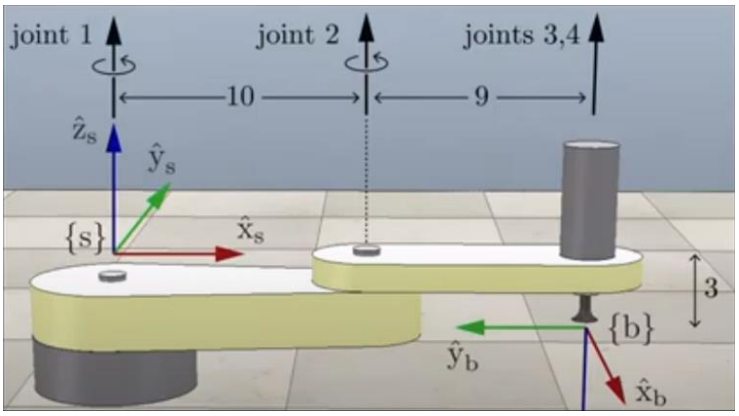


Рисунок 4. Робот 3RP.

Тема 5.

5.1 Плоская открытая схема 3R (рис. 5) находится в исходном (нулевом) положении (рис.ниже).

5.1.1 Конечный эффектор должен реализовать усилие 5 Н в направлении Xs с нулевой составляющей в направлении Ys. Определить необходимые моменты в каждом сочленении.

5.1.2 Конечный эффектор должен реализовать усилие 5 Н в направлении Ys с нулевой составляющей в направлении Xs. Определить необходимые моменты в каждом сочленении.

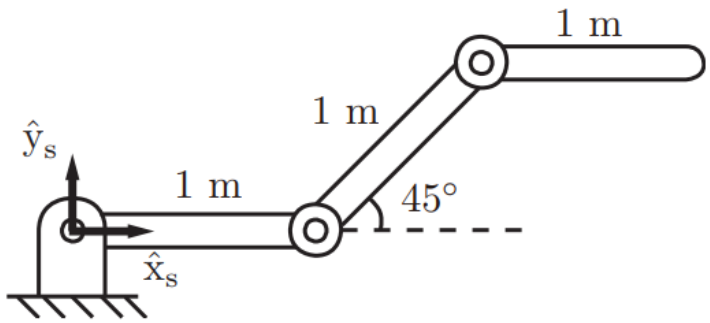


Рисунок 5. Робот 3R.

5.2 Определить пространственный якобиан для цепочки RRRP в соответствии с обозначениями, представленными на рисунке 6.

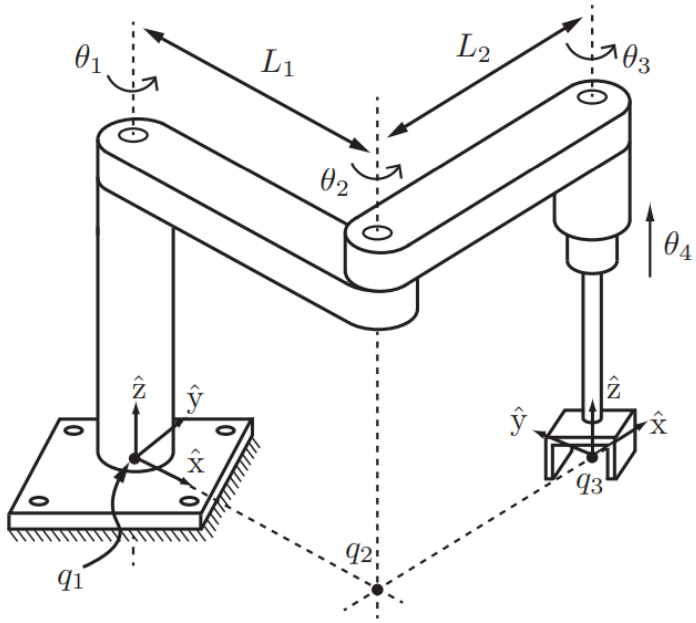


Рисунок 6. Робот 3RP.

Тема 6.

6.1 Используя численный метод Ньютона-Рафсона (метод касательных), определить величины углов θ1 и θ2 (рис. 7) для положения острия робота (зоны расположения конечного эффектора) в координатах (x, y) = 0,366; 1,366 м. Длины обоих сегментов, соответственно рисунку 7, равны 1 м.

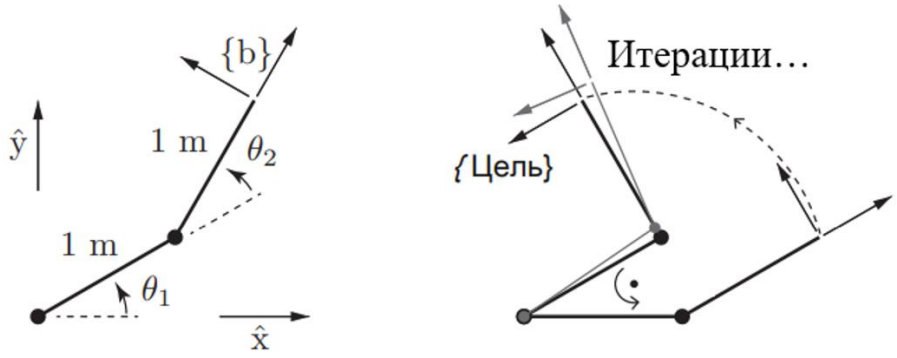


Рисунок 7. Робот 2R.

6.2 Открытая цепочка робота RRP находится в исходном состоянии (рис. 8). Оси 1 и 2 соединений пересекаются в начале координат, конечный эффектор (p) находится в точке (0, 1, 0).

Допустим, что θ1 = 0. Найти решение для θ2 и θ3 такое, при котором конечный эффектор примет положение (-6, 5, $3^{1/2}$). Усложненный вариант: соединение θ1 не зафиксировано на нуле. Найти все кинематические решения для того же положения конечного эффектора (-6, 5, $3^{1/2}$).

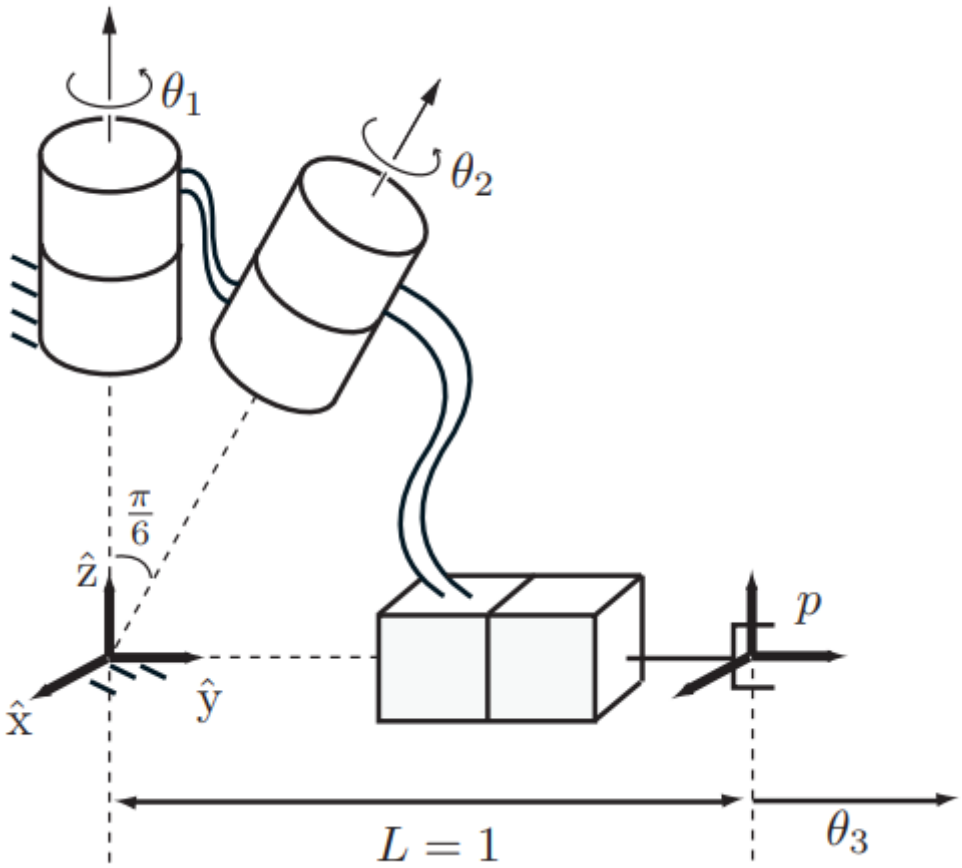


Рисунок 8. Робот 2RP.

Тема 7.

7.1 Охарактеризовать 7 этапов масштабирования (изменения) скорости. Подобрать функцию, для построения графика соответствующего вида (рис. 9). (попробовать полиномы 5-й степени)

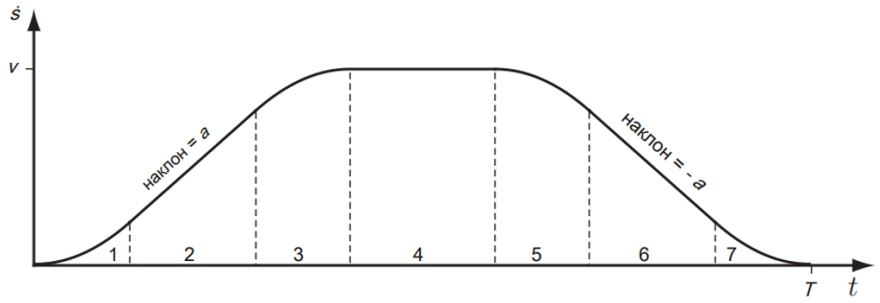


Рисунок 9. Иллюстрация плавного изменения скорости движения робота.

7.2 Составить карту видимости препятствий, указать кратчайший путь из точки Начало в точку Цель (рис.10).

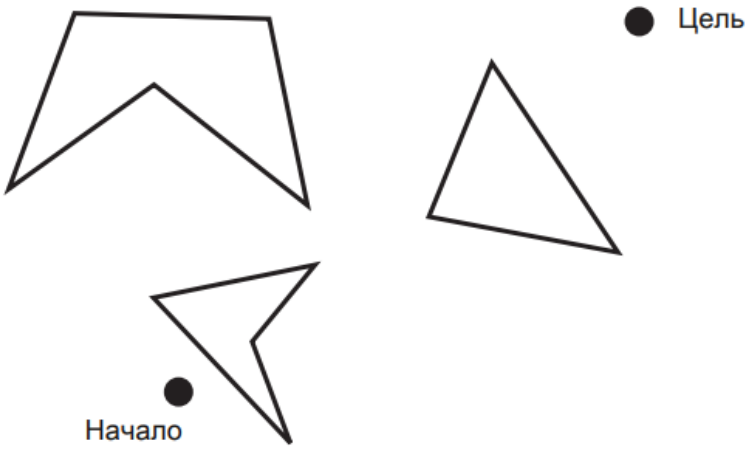


Рисунок 10. Проблема планирования.

7.3 Классифицируйте следующие задачи робота как управление движением, управление силой, гибридное управление движением-силой, управление импедансом или какую-либо комбинацию. Обосновать ответ.

(a) Затягивание винта отверткой.
(б) Толкает ящик по полу.
(c) Налить стакан воды.
(d) Рукопожатие с человеком.
(e) Бросок бейсбольного мяча в цель.
(f) Снег лопатой.
(g) Копание ямы.
(h) Массаж спины.
(i) Пылесосить пол.
(j) Несет поднос со стаканами.

Тема 8.

8.1 Для робота, представленного на рисунке 11, кинематическая модель представлена следующими зависимостями:

$$u = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \end{bmatrix} = H(0)\mathcal{V}_b = \frac{1}{r}\begin{bmatrix} -\ell - w & 1 & -1 \\ \ell + w & 1 & 1 \\ \ell + w & 1 & -1 \\ -\ell - w & 1 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \omega_{bz} \\ v_{bx} \\ v_{by} \end{bmatrix}$$

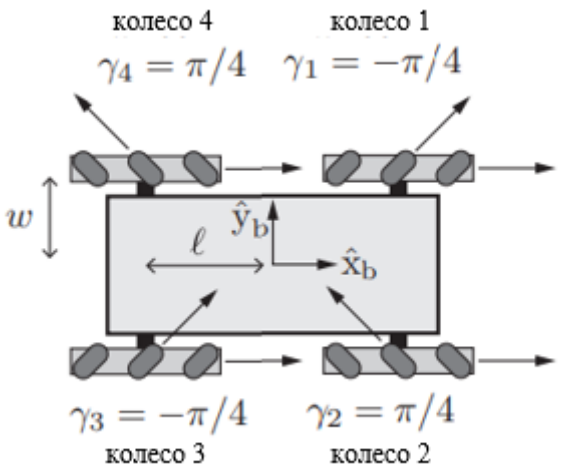


Рисунок 11. Голономный 4-х колесный робот.

Вывести матрицу H(0) при изменении всех 4-х углов со значения |π/4| на величину |π/3|.

8.2 Напишите программу, которая принимает временную историю значений колесных энкодеров для двух задних колес автомобиля и оценивает конфигурацию шасси как функцию времени с использованием одометрии.

Тема 9.

14.1 Разработка конструктива робота по примеру на рисунке 12.

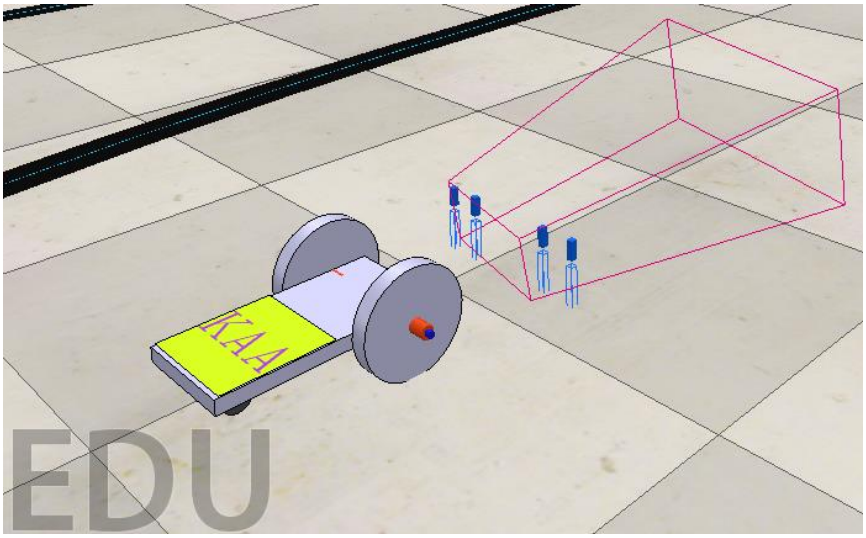


Рисунок 12. Робот, созданный в CoppeliaSim.

14.2 Написать код управления для роботов, реализующих категорию робототехнических соревнований «шорт-трек».

Составитель: Ковтун А.А., канд. техн. наук, доцент ВАК, доцент кафедры информатики и вычислительной техники им. В.К. Буторина