

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Цель дисциплины: изучение основ построения кинематических и динамических моделей роботов и задач управления движением, методов построения программных траекторий движения.

Задачи изучения дисциплины: получение знаний о особенностях исполнительных систем как объектов управления; получение навыков управления манипуляторами роботов.

Дисциплина направлена на формирование компетенции ОПК-11 выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины: курс входит в БЛОК 1 «Дисциплины (модули)», часть блока 1 формируемую участниками образовательных отношений подготовки студентов по направлению 15.03.06 Мехатроника и робототехника (профиль «Интеллектуальная робототехника»).

Дисциплина основывается на базе дисциплин: «Информатика».

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у студента для решения профессиональных задач деятельности, связанных с применением вычислительной техники и программного обеспечения в различных сферах деятельности.

Курс является фундаментом для формирования навыков и умений по расчетам и проектированию мехатронных робототехнических систем.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3,5 зачетных единицы, 126 ак. ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (36 ак.ч.), лабораторные работы (18 ак.ч.) и самостоятельная работа студента (72 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре. Форма промежуточной аттестации – зачет.

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Управление роботами и робототехническими системами» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем	ОПК-11.	ИД-1 ОПК-11 Разрабатывает алгоритмы и методы управления мехатронными и робототехническими системами.

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 3,5 зачётных единицы, 126 ак. ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к лабораторным работам, текущему контролю, самостоятельное изучение материала и подготовку к зачету.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак. ч.	Ак .ч. по семестрам
		6
Аудиторная работа, в том числе:	54	54
Лекции (Л)	36	36
Практические занятия (ПЗ)	–	–
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Курсовая работа/курсовой проект		
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	72	72
Подготовка к лекциям	18	18
Подготовка к лабораторным работам	9	9
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	0	0
Выполнение курсовой работы / проекта	0	0
Расчетно-графическая работа (РГР)	0	0
Реферат (индивидуальное задание)	0	0
Домашнее задание	0	0
Подготовка к контрольной работе	0	0
Подготовка к коллоквиумам	6	6
Аналитический информационный поиск	9	9
Работа в библиотеке	12	12
Подготовка к зачету	18	18
Промежуточная аттестация – зачет (З)	3	3
Общая трудоёмкость дисциплины		
Ак. ч.	126	126
З. е.	3.5	3.5

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п. 3 дисциплина разбита на 3 темы:

- тема 1 (Кинематика манипуляторов. Кинематические параметры описания движения твердого тела.);
- тема 2 (Кинематическое планирование программных траекторий движения манипулятора);
- тема 3 (Управление манипулятором с учетом его динамики).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
1	Кинематика манипуляторов. Кинематические параметры описания движения твердого тела.	<p>Особенности робота как объекта управления. Манипуляционные механизмы и исполнительные системы роботов. Кинематическое планирование программных траекторий движения манипулятора. Кинематические параметры, используемые для описания движения твердого тела.</p> <p>Углы Эйлера, Крылова. Направляющие косинусы. Вектор конечного поворота и его проекции. Кватернионные объекты. Параметры Кейли-Клейна. Дуальные параметры.</p>	6	–	–	<p>Аналитическое решение обратной позиционной задачи трехзвенного манипулятора.</p> <p>Решение обратной позиционной задачи шестизвенного манипулятора методом последовательных приближений.</p>	6
2	Кинематическое планирование программных траекторий движения манипулятора	<p>Кинематическое планирование программных траекторий движения манипулятора. Общие аспекты планирования траекторий. Планирование траекторий в пространстве присоединенных координат.</p> <p>Типы траекторий в пространстве присоединенных координат. Допустимые траектории движения. Особенности использования кубических сплайнов при планировании траекторий. Планирование траекторий движения манипулятора в декартовом пространстве. Планирование с ограниченными отклонениями.</p>	6	–	–	<p>Управление промышленным роботом-манипулятором. Планирование траекторий движения манипулятора в присоединенных координатах. Сравнительный анализ вариантов описания траектории степенными полиномами.</p>	6

№ п/ п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
3	Управление манипулятором с учетом его динамики	Базовые понятия и принципы динамики роботов. Формы задания уравнений движения. Скорости и ускорения звеньев манипулятора. Метод Эйлера-Лагранжа.	6	–	–	Имитационное моделирование степеней подвижности манипулятора с системой управления. Изучение взаимного влияния степеней подвижности манипулятора при отработке программной траектории. Расчет скоростей, ускорений и кинетической энергии звеньев при движении манипулятора.	6
		Кинетическая и потенциальная энергия звеньев манипулятора. Вывод уравнений динамики манипулятора на основе уравнений Лагранжа II рода. Метод Ньютона-Эйлера.	6				
Всего аудиторных часов			36	–	–	–	18

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf).

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ОПК-11	Зачет	Комплект контролирующих материалов для экзамена

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

- тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах (1 коллоквиум)
- всего 40 баллов;
- лабораторные работы – всего 60 баллов.

Зачет проставляется автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60 % от максимального.

Зачет по дисциплине «Управление роботами и робототехническими системами» проводится по результатам работы в семестре. В случае, если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время сессии студент имеет право повысить итоговую оценку либо в форме устного собеседования по приведенным ниже вопросам (п. 6.4), либо в результате тестирования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

6.2 Домашние задания

Для студентов очной формы обучения домашние задания не предусмотрены. Студенты заочной формы обучения в каждом семестре выполняют контрольную работу по имеющимся методическим указаниям.

6.3 Темы рефератов

Написание рефератов при изучении дисциплины не предусмотрено.

6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Тема 1 Кинематика манипуляторов. Кинематические параметры описания движения твердого тела.

- 1) Какие кинематические параметры используются для описания движения твердого тела?
- 2) В чем заключаются особенности робота как объекта управления?
- 3) Какие типы манипуляционных механизмов и исполнительных систем применяются в робототехнике?
- 4) Как осуществляется кинематическое планирование траекторий движения манипулятора?
- 5) Что такое углы Эйлера и Крылова, и как они применяются в кинематике?
- 6) Как направляющие косинусы используются для описания ориентации твердого тела?
- 7) Что представляет собой вектор конечного поворота и его проекции?
- 8) Каковы основные свойства кватернионов в описании вращения?
- 9) Как параметры Кейли-Клейна применяются в кинематике манипуляторов?
- 10) В чем заключается суть дуальных параметров при описании движения?

Тема 2 Кинематическое планирование программных траекторий движения манипулятора.

- 1) Какие кинематические параметры используются для описания движения твердого тела?
- 2) В чем заключаются особенности робота как объекта управления?
- 3) Какие типы манипуляционных механизмов и исполнительных систем применяются в робототехнике?
- 4) Как осуществляется кинематическое планирование траекторий движения манипулятора?
- 5) Что такое углы Эйлера и Крылова, и как они применяются в кинематике?
- 6) Как направляющие косинусы используются для описания ориентации твердого тела?
- 7) Что представляет собой вектор конечного поворота и его проекции?
- 8) Каковы основные свойства кватернионов в описании вращения?
- 9) Как параметры Кейли-Клейна применяются в кинематике манипуляторов?
- 10) В чем заключается суть дуальных параметров при описании движения?

Тема 3 Управление манипулятором с учетом его динамики.

- 1) Какие кинематические параметры используются для описания движения твердого тела?
- 2) В чем заключаются особенности робота как объекта управления?
- 3) Какие типы манипуляционных механизмов и исполнительных систем применяются в робототехнике?
- 4) Как осуществляется кинематическое планирование траекторий движения манипулятора?
- 5) Что такое углы Эйлера и Крылова, и как они применяются в кинематике?
- 6) Как направляющие косинусы используются для описания ориентации твердого тела?
- 7) Что представляет собой вектор конечного поворота и его проекции?
- 8) Каковы основные свойства кватернионов в описании вращения?
- 9) Как параметры Кейли-Клейна применяются в кинематике манипуляторов?
- 10) В чем заключается суть дуальных параметров при описании движения?

6.5 Вопросы для подготовки к зачету

- 1) Какие основные цели и задачи систем управления существуют?
- 2) Какие этапы включает процесс создания систем управления?
- 3) Как развитие элементной базы влияет на проектирование схем управления?
- 4) Какие преимущества дают САД-системы при проектировании схем?
- 5) Какие термины и понятия составляют основу терминологического аппарата проектирования?
- 6) Какие методы используются для синтеза схем управления?
- 7) Как выбирается оптимальная структура системы управления?
- 8) Какие критерии определяют эффективность схем управления?
- 9) Что такое Карты Карно и как они применяются для оптимизации схем?
- 10) Какие критерии используются для оптимизации схем управления?
- 11) Что такое "гонки" в цифровых схемах и как их избежать?
- 12) Какие методы проектирования с использованием САД-систем наиболее эффективны?
- 13) Какие основные этапы включает процесс проектирования схем?
- 14) Как осуществляется переход от логических схем к принципиальным?
- 15) Какие особенности нужно учитывать при конструировании печатных плат?
- 16) Какие организационные формы применяются при проектировании систем управления?
- 17) Каковы особенности проектирования РЭС с использованием САД/САМ-систем?
- 18) Как ПЗУ, ПЛИС и ПАИС применяются в синтезе схем управления?
- 19) Какие критерии оценки электронных схем используются на конструкторском этапе?
- 20) Как преобразовать функциональную схему в конструктивные узлы?
- 21) Какие требования предъявляются к радиоэлектронным схемам для минимизации затрат?
- 22) Какие пространственные и механические связи учитываются при проектировании?
- 23) Как обеспечивается максимальная эффективность схем управления?
- 24) Какие преимущества дают программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС)?
- 25) Каково назначение и принцип построения регистров в ЦВМ?
- 26) Какие виды счетчиков существуют и как они классифицируются?
- 27) В чем разница между синхронными и асинхронными счетчиками?
- 28) Какие функции выполняют шифраторы и дешифраторы?

- 29) Как работают мультиплексоры и демультимплексоры?
- 30) Какие особенности имеют последовательные и параллельные сумматоры?
- 31) Как устроены арифметико-логические устройства (АЛУ)?
- 32) Какие функции выполняют накопительные АЛУ?
- 33) Каково назначение и классификация запоминающих устройств?
- 34) Какие основные характеристики определяют эффективность ЗУ?
- 35) Как устроена иерархическая структура памяти вычислительных машин?
- 36) Какие способы внутренней организации ОЗУ существуют (линейная, матричная)?
- 37) В чем отличие статических и динамических ОЗУ?
- 38) Какие типы ПЗУ применяются в вычислительной технике?
- 39) Какие способы программирования ПЗУ наиболее распространены?
- 40) Как устроены ЗУ с произвольной выборкой?
- 41) Каковы назначение и основные компоненты процессора?
- 42) Какие этапы включает выполнение программы в процессоре?
- 43) В чем отличие универсальных и специализированных процессоров?
- 44) Какие особенности имеют RISC-процессоры?
- 45) Какие задачи решают системы ввода-вывода?
- 46) Какие способы передачи данных по линиям связи существуют?
- 47) Какие типовые структуры интерфейсов применяются в вычислительных системах?
- 48) Как классифицируются интерфейсы по назначению и формату данных?

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Булгаков А.Г. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление [Электронный ресурс]/ Булгаков А.Г., Воробьев В.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: СОЛОНПРЕСС, 2019.— 486 с. 7. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8709> (дата обращения: 20.08.2024).

2. Схиртладзе, А. Г. Автоматизация технологических процессов и производств : учебник / А. Г. Схиртладзе, А. В. Федотов, В. Г. Хомченко. — 2е изд. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 459 с. — ISBN 978-5-448605741. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/83341.html> (дата обращения: 20.08.2024).

Дополнительная литература

1. Крахмалев О.Н. Моделирование манипуляционных систем роботов [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.Н. Крахмалев. — Электрон. текстовые данные. - Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018 – 165 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73333.html> (дата обращения: 20.08.2024)

2. 2. Крамаренко, Н. В. Алгоритмы управления движениями точки и робота-манипулятора : учебное пособие / Н. В. Крамаренко, А. А. Рыков. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2016. — 87 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/91317.html> (дата обращения: 07.05.2024)

3. Юревич, Е. И. Основы робототехники [+CD] : учеб. пособие / Е. И. Юревич. - 3-е изд. перераб. и доп. - СПб. : БХВ-Петербург, 2010. - 368 с. (аб. 10 экз.) Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28901> (дата обращения: 20.08.2024)

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ : официальный сайт. — Алчевск. — URL: library.dstu.education. — Текст : электронный.

2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>. — Текст : электронный.

3. Консультант студента : электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. — Текст : электронный.

4. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red. — Текст : электронный.

5. IPR BOOKS : электронно-библиотечная система. — Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. — Текст : электронный.

6. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) : официальный сайт. — Москва. — <https://www.gosnadzor.ru/>. — Текст : электронный.

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 8.

Таблица 8.1 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Специальные помещения: <i>Компьютерный класс кафедры ЭМ</i> - Персональный компьютер – 17 шт - Принтер HP1100 - Сканер	ауд 319, корп. главный

Лист согласования РПД

Разработал
доц. кафедры электромеханики
им. А. Б. Зеленова
(должность)


(подпись) И.А. Карпук
(Ф.И.О.)

(должность)

(подпись) _____
(Ф.И.О.)

(должность)

(подпись) _____
(Ф.И.О.)

Заведующий кафедрой


(подпись) Д. И. Морозов
(Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры
электромеханики им. А.Б. Зеленова

от 22.08.2024г.

Декана факультета


(подпись) В. В. Дьячкова
(Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической
комиссии по направлению подготовки
15.03.06 Мехатроника и робототехника


(подпись) И.А. Карпук
(Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра


(подпись) О.А. Коваленко
(Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	