

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Галунин Сергей Александрович
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 24.05.2023 11:33:57
Уникальный программный ключ:
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

Приложение к ОПОП
«Мехатроника»

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРНЫМИ РОБОТАМИ»

для подготовки бакалавров

по направлению

15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

по профилю

«Мехатроника»

Санкт-Петербург

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н. Филатов Д.М.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры САУ
14.02.2022, протокол № 02-2/2022

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
ФЭА, 22.02.2022, протокол № 2

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭА
Обеспечивающая кафедра	САУ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	2
Курс	4
Семестр	8
Виды занятий	
Лекции (академ. часов)	30
Практические занятия (академ. часов)	30
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	61
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	11
Всего (академ. часов)	72
Вид промежуточной аттестации	
Дифф. зачет (курс)	4

2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРНЫМИ РОБОТАМИ»

Дисциплина включает изложение основ теории манипуляционных роботов и методов управления ими. Рассматриваются основные сведения о динамике манипуляционных механизмов, математические модели движения и методика их анализа. Подробно рассматриваются способы и алгоритмы кинематического управления манипуляторами.

SUBJECT SUMMARY

«THE CONTROL SYSTEM OF MANIPULATOR ROBOTS»

The discipline includes a statement of the basic manipulation robots theory and methods of management. The basic information about the dynamics of manipulation mechanisms, mathematical models of motion and methods of their analysis are discussed. In detail the methods and algorithms of kinematic control of manipulators are discussed.

3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Цель дисциплины - формирование у студентов знаний, умений и навыков, необходимых для проектирования систем управления манипуляторными роботами.
2. Задачи дисциплины:
 - Изучение основ теории манипуляционных роботов и методов управления ими.
 - Формирование общего представления о динамике манипуляционных механизмов, математических моделях движения и методиках их анализа.
 - Освоение навыков практических методов исследования и расчетов исполнительной системы манипуляционного робота.
3. Дисциплина формирует знания об основных кинематических соотношениях; знания о показателях динамических свойств манипулятора; знания о средствах автоматизированного синтеза мехатронных систем.
4. Дисциплина формирует умения формулировать прямую и обратную задачи позиционные задачи и прямую и обратную задачи о скорости звеньев манипулятора; умения составлять алгоритм вычисления сил и моментов реакции звеньев манипулятора; умения разрабатывать системы управления для мехатронных и роботизированных технологических комплексов.
5. Дисциплина формирует навыки построения алгоритма управления манипулятором; навыки составления дифференциальных уравнений движения манипулятора относительно обобщенных координат; навыки моделирования мехатронных и роботизированных технологических комплексов.

3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Теоретическая механика»
2. «Теория автоматического управления»
3. «Техническое зрение»

и обеспечивает подготовку выпускной квалификационной работы.

3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ПК-2	Способен разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования
<i>ПК-2.3</i>	<i>Применяет датчики различных типов для получения информации в мехатронных и робототехнических системах</i>
ПК-7	Способен производить расчеты и проектирование 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
<i>ПК-7.4</i>	<i>Производит расчёт исполнительной системы для мехатронных и роботизированных систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств</i>
СПК-1	Способен осуществлять настройку мехатронных и робототехнических систем различного назначения
<i>СПК-1.1</i>	<i>Знает принципы работы мехатронных устройств и робототехнических систем</i>

4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Содержание разделов дисциплины

4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	2			1
2	Тема 1. Основные кинематические соотношения	3			1
3	Тема 2. Положение манипулятора в рабочем пространстве	3	6		1
4	Тема 3. Скорости и ускорения звеньев манипулятора	3	3		1
5	Тема 4. Кинематическое управление манипулятором	3	6		1
6	Тема 5. Уравнение кинестатики манипулятора	3	3		1
7	Тема 6. Система управления исполнительного уровня	3	6		1
8	Тема 7. Методы динамического управления манипуляторами	4	6		2
9	Тема 8. Логическое управление сложной робототехнической системой	4			1
10	Заключение	2		1	1
	Итого, ач	30	30	1	11
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	72/2			

4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Предмет дисциплины и ее задачи. Структура и содержание дисциплины, ее связь с другими дисциплинами учебного плана.
2	Тема 1. Основные кинематические соотношения	Манипулятор как механическая система. Преобразования координат, однородные координаты и преобразования. Определение положения и ориентации звеньев манипулятора, специальные системы координат.
3	Тема 2. Положение манипулятора в рабочем пространстве	Прямая и обратная позиционные задачи. Геометрия рабочего пространства манипулятора.
4	Тема 3. Скорости и ускорения звеньев манипулятора	Вращение твердого тела. Скорости и ускорения звеньев манипулятора. Прямая и обратная задача о скорости. Кинематические свойства манипуляторов.
5	Тема 4. Кинематическое управление манипулятором	Планирование траекторий в пространстве обобщенных координат. Управление манипулятором в пространстве координат схвата.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
6	Тема 5. Уравнение кинестатики манипулятора	Статика манипуляционных механизмов. Анализ рабочих сил и моментов. Показатели динамических свойств манипулятора.
7	Тема 6. Система управления исполнительного уровня	Математическая модель исполнительной системы, исследование линеаризованной модели. Автоматизированный синтез исполнительной системы.
8	Тема 7. Методы динамического управления манипуляторами	Методы, основанные на решении обратных задач динамики. Декомпозиция управления, силовая обратная связь и динамическое планирование.
9	Тема 8. Логическое управление сложной робототехнической системой	Понятие сложной системы, построение моделей подсистем, сетевой автомат, сеть автоматов. Метод управления сложной робототехнической системой.
10	Заключение	Перспективы развития мехатронных и робототехнических систем.

4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Определение положения и ориентации звеньев манипулятора	3
2. Прямая и обратная позиционные задачи	3
3. Прямая и обратная задача о скорости	3
4. Кинематическое управление манипулятором	6
5. Уравнение кинестатистики	3
6. Исследование линеаризованной модели исполнительной системы	6
7. Силовая обратная связь и динамическое планирование	6
Итого	30

4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.6 Индивидуальное домашнее задание

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

4.7 Доклад

Доклад не предусмотрен.

4.8 Кейс

Кейс не предусмотрен.

4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятель-

ности, которые указывают путь решения проблемы.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	5
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	0
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	4
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	2
ИТОГО СРС	11

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библи.
Основная литература		
1	Зенкевич, Станислав Леонидович. Основы управления манипуляционными роботами [Текст] : учеб. для вузов по специальности "Роботы и робототехн. системы" / С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко, 2004. -478, [1] с.	12
2	Системы управления промышленными роботами и манипуляторами [Текст] : учеб. пособие / [Е. И. Юревич [и др.] ; отв. ред. Е. И. Юревич, 1980. -181, [1] с.	49
3	Лукинов, Александр Павлович. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств [Текст] : учеб. пособие / А. П. Лукинов, 2012. -605 с.	неогр.
Дополнительная литература		
1	Прокопов, Анатолий Афанасьевич. Компьютерные технологии автоматизации [Текст] : Учеб. пособие / А.А.Прокопов, Н.И.Татаринцев, Л.А.Цирлин, 2001. -74 с.	131

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Основы разработки мехатронных и робототехнических систем: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Основы мехатроники и робототехники» / сост.: Д. М. Филатов. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017. 20 с. http://lk.etu.ru/dashboard/api/download/3099

5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=12562>

6 Критерии оценивания и оценочные материалы

6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Системы управления манипуляторными роботами» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

Зачет с оценкой

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

Особенности допуска

Для допуска к зачету с оценкой необходимо посетить не менее 80% лекций и написать каждую из двух контрольных работ на практических занятиях на оценку не ниже, чем "Удовлетворительно".

Итоговая оценка за дифференцированный зачет рассчитывается как среднее арифметическое оценок за контрольные работы.

6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Манипулятор как механическая система.
2	Преобразования координат, однородные координаты и преобразования.
3	Определение положения и ориентации звеньев манипулятора, специальные системы координат.
4	Прямая позиционная задача.
5	Обратная позиционная задача.
6	Геометрия рабочего пространства манипулятора.
7	Вращение твердого тела. Скорости и ускорения звеньев манипулятора.
8	Прямая и обратная задача о скорости.
9	Кинематические свойства манипуляторов.
10	Планирование траекторий в пространстве обобщенных координат.
11	Управление манипулятором в пространстве координат схвата.
12	Статика манипуляционных механизмов.
13	Анализ рабочих сил и моментов.
14	Показатели динамических свойств манипулятора.
15	Математическая модель исполнительной системы, исследование линеаризованной модели.
16	Автоматизированный синтез исполнительной системы.
17	Методы, основанные на решении обратных задач динамики.
18	Декомпозиция управления, силовая обратная связь и динамическое планирование.
19	Понятие сложной системы, построение моделей подсистем, сетевой автомат, сеть автоматов.
20	Метод управления сложной робототехнической системой.

Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

Контрольная работа №1

1. Составьте алгоритм вычисления сил и моментов реакции звеньев манипулятора, имеющего плоскую трехзвенную конструкцию с вращательными парами, если заданы значения обобщенных координат.

2. Сформулируйте первую и вторую задачи динамики применительно к манипуляционному механизму.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
6	Тема 2. Положение манипулятора в рабочем пространстве Тема 3. Скорости и ускорения звеньев манипулятора Тема 4. Кинематическое управление манипулятором	Контрольная работа
11	Тема 5. Уравнение кинестатики манипулятора Тема 6. Система управления исполнительного уровня Тема 7. Методы динамического управления манипуляторами	Контрольная работа

6.4 Методика текущего контроля

на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск к дифференцированному зачёту.

на практических занятиях

Текущий контроль включает в себя написание **двух контрольных работ**. Каждая контрольная работа включает в себя 2 вопроса по материалам практических занятий.

Оценка за **контрольные работы** выставляется по следующим критериям:

- "Отлично" - на вопросы даны исчерпывающие ответы;
- "Хорошо" - вопросы раскрыты не полностью;
- "Удовлетворительно" - ответы на вопросы в принципе правильны, но в формулировках имеются существенные ошибки;
- "Неудовлетворительно" - отсутствуют ответы на вопросы или содержание ответа не совпадает с поставленным вопросом.

Для допуска к дифференцированному зачёту, студенту необходимо написать каждую контрольную работу на оценку не ниже, чем "Удовлетворительно".

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно при-

влечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, ПК или ноутбук, экран, проектор	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, меловая или маркерная доска	
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА