

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего образования  
 «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и  
 дизайна»  
 (СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.08** Математическое моделирование робототехнических систем

Учебный план: ФГОС3++b150304P-1\_22-14.plx

Кафедра: 32 Автоматизации технологических процессов и производств

Направление подготовки:  
 (специальность) 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Профиль подготовки:  
 (специализация) Робототехнические системы

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
	Лекции	Практ. занятия				
7	УП	17	34	57	36	Экзамен, Курсовая работа
	РПД	17	34	57	36	
Итого	УП	17	34	57	36	
	РПД	17	34	57	36	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 09.08.2021 г. № 730

Составитель (и):

старший преподаватель

Игнатьева Т.Ю.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой автоматизации  
технологических процессов и производств

Ковалев Д.А.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Ковалев Д.А.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области знаний, необходимых для разработки и применения математических моделей робототехнических систем с использованием современных информационных технологий.

**1.2 Задачи дисциплины:**

Рассмотреть основы построения математических моделей моделей робототехнических систем.

**1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:**

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Микропроцессорные средства в робототехнике и мехатронике

Информационные технологии в робототехнике

Моделирование объектов управления для робототехнических систем

Программирование и алгоритмизация

Информационные технологии

Основы робототехники и мехатроники

Производственная практика, технологическая (проектно-технологическая) практика

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ПК-5: Способен контролировать эксплуатацию и моделировать процессы робототехнических систем</b>
<b>Знать:</b> современные характеристики и способы реализации технологических процессов.
<b>Уметь:</b> выполнять математическое моделирование технологических процессов по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов.
<b>Владеть:</b> навыками разработки математических моделей технологических процессов с использованием специальных программных средств.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)			
Раздел 1. Математическое описание роботов	7					С,О
Тема 1. Функциональная схема системы управления роботов. Математическое описание манипуляторов. Функциональная схема робота. Математическое описание механической системы манипуляторов. Кинематическая схема трехзвенного шарнирного манипулятора. Общий вид промышленного робота. Методика пересчета с применением матричного исчисления. Структурная схема механической системы трехзвенного манипулятора.		2	4	6		
Тема 2. Взаимное влияние степеней подвижности манипуляторов. Учет упругости звеньев манипулятора. Шарнирный манипулятор с противовесами. Учет упругости звеньев манипулятора. Двухмассовая модель звена с сосредоточенной упругостью.		1	2	3		
Тема 3. Математическое описание манипулятора с приводами. Математическое описание приводов. Типовая схема приводов манипуляторов. Математическое описание электродвигателя. Структурная схема манипулятора с приводами. Математическое описание систем передвижения роботов. Математическое описание человека-оператора		1	2	4		
Тема 4. Моделирование роботов на ЭВМ. Обобщенная схема математических описаний манипуляторов в части их управления. Классификация способов управления роботами		1	2	4	ИЛ	
Раздел 2. Системы дискретного циклового программного управления роботов					О	

Тема 5. Особенности цикловых систем управления роботов. Пневматический промышленный робот с цикловым управлением. Цикловое управление отдельным приводом.	2	4	8		
Тема 6. Совместное цикловое управление приводами манипуляторов. Резонансные цикловые приводы и манипуляторы.	2	4	8		
Тема 7. Системы дискретного позиционного программного управления роботов. Особенности позиционного управления. Дискретное позиционное управление отдельным приводом. Функциональная схема адаптивной подстройки привода. Схема формирования сигнала адаптивной подстройки с эталонной моделью.	2	4	8		
Раздел 3. Силовые системы роботов и их математические модели					
Тема 8. Математическое моделирование элементов системы управления робототехнических комплексов. Управление с введением прогнозирующей модели. Электромеханические системы управления. Функциональная схема следящего привода. Структурная схема электропривода постоянного тока. Структурная схема следящего асинхронного электропривода с векторным управлением.	4	8	10		0
Тема 9. Гидравлические системы управления. Структурная схема гидропривода. Структурная схема пропорционального распределителя и электронного усилителя. Математические модели и моделирование гидравлического привода. Анализ основных типов гидросхем. Особенности моделирования электромеханических и гидравлических систем управления	2	4	6		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	34	57		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа)		2,5	33,5		
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		53,5	90,5		

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

**4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта):** Цель курсовой работы – исследование робототехнической системы с помощью его математической модели

Задачами курсовой работы являются:

- Изучение робототехнической системы и основного оборудования;
- Основные закономерности, действующие в робототехнических системах;
- Построение или выбор математической модели для робототехнической системы;
- Исследование робототехнической системы по его математической модели.

**4.2 Тематика курсовой работы (проекта):** • Составление математической модели манипуляторов;

- Составление математической модели электродвигателя;
- Составление математической модели системы передвижения робота;

**4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):**

Курсовая работа выполняется индивидуально с использованием рекомендованной литературы по математическому моделированию робототехнической системы в соответствии с заданием на курсовую работу и информации, полученной студентом в периоды учебной и производственной практик.

Результаты курсовой работы представляются в виде пояснительной записки, оформленной в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32 -2001 с дополнениями и изменениями 2015 года. Объем пояснительной записки с приложениями не менее 20 страниц печатного текста формата А4, содержащей следующие обязательные элементы:

- упрощенная схема робототехнической системы с её описанием;
- структура и описание математической модели робототехнической системы для одного из регулируемых параметров;
- входные и выходные, возмущающие и управляющие параметры;
- свойства робототехнической системы в виде передаточных функций;
- анализ робототехнической системы по результатам исследования его математической модели.

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

#### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-5	Перечисляет основные характеристики робототехнических систем, применяемых в технологических процессах. Разрабатывает модели для робототехнических систем технологических процессов. Владеет навыками разработки моделей робототехнических систем в специальных программных средствах.	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания Курсовая работа

#### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Свободно и уверенно оперирует предоставленной информацией, отлично владеет навыками анализа и синтеза информации, знает все основные закономерности, используемые при составлении математических моделей процессов, методы решения проблем, предусмотренные учебной программой, знает типичные ошибки и возможные сложности при решении той или иной проблемы и способен выбрать и эффективно применить тот или иной адекватный метод решения конкретной задачи. Способен легко ориентироваться при видоизменении задания, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами решения задач. Знает типовые решения, используемые для получения математического	Полное и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов работы соответствует требованиям, содержание полностью соответствует заданию. Полученные результаты представлены на основании изучения и анализа исследуемого процесса. Даны исчерпывающие выводы на поставленные вопросы. Работы представлена к защите в требуемые сроки.

	описания (моделей) технологических процессов. Получил правильный ответ на практическое задание и может его интерпретировать.	
4 (хорошо)	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний, владеет навыками анализа и синтеза информации, знает основные закономерности, используемые при составлении математических моделей процессов, методы решения проблем, предусмотренные учебной программой. Владеет навыками и приемами решения задач. Знает типовые решения, используемые для получения математического описания (моделей) технологических процессов. Получил правильный ответ на практическое задание.	Работа выполнена в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки в работе или в ответах на поставленные при защите вопросы, могут иметь место отступления от правил оформления работы или нарушены сроки представления работы к защите.
3 (удовлетворительно)	Обучающийся показывает знания учебного материала в минимальном объеме, может сформулировать понятия и определения, но при этом, допуская большое количество непринципиальных ошибок; знаком с основной литературой; допускает существенные ошибки в ответе на экзамене, но может устранить их под руководством преподавателя. Получил правильный ответ с помощью преподавателя на практическое задание.	Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, присутствуют неточности в ответах, либо качество представления работы низкое, либо работа представлена с опозданием.
2 (неудовлетворительно)	Неуверенно оперирует предоставленной информацией, не владеет навыками анализа и синтеза информации, знает не все основные закономерности, используемые при составлении математических моделей процессов, допускает типичные ошибки. Не способен выбрать и эффективно применить тот или иной адекватный метод решения конкретной проблемы. Не владеет навыками и приемами решения задач. Допускает существенные ошибки в типовых решениях для составления моделей процессов. Не решил практическое задание.	Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления или сроков представления работы. Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора.

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 7	
1	Функциональная схема системы управления роботов
2	Математическое описание манипуляционных исполнительных устройств (манипуляторов)
3	Методика пересчета с применением матричного исчисления
4	Вывод уравнения динамики механической системы манипулятора с помощью уравнения Лагранжа второго рода
5	Структурная схема механической системы трехзвенного манипулятора
6	Четыре типа взаимовлияния степеней подвижности манипуляторов
7	Способы борьбы с взаимовлиянием степеней подвижности

8	Два типа упругости в звеньях манипулятора
9	Типовая схема приводов манипуляторов
10	Структурная схема манипулятора с приводами
11	Классификация способов управления роботами
12	Особенности цикловых систем управления роботом
13	Цикловое управление отдельным приводом
14	Совместное цикловое управление приводами манипуляторов
15	Особенности позиционного управления
16	Совместное дискретное позиционное управление приводами манипулятора
17	Функциональная схема следящего привода
18	Структурная схема электропривода постоянного тока
19	Структурная схема асинхронного электропривода
20	Структурная схема пропорционального распределителя и электронного усилителя
21	Гидроприводы с дроссельным регулированием
22	Гидроприводы с объёмным регулированием
23	Гидроприводы с объёмно-дроссельным регулированием

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Изобразить кинематическую схему трехзвенного шарнирного манипулятора.
2. Изобразить функциональную схему робота.
3. Привести типовую схему приводов манипуляторов.

## 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  +  Письменная  +  Компьютерное тестирование  Иная

### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- Время на подготовку ответа на экзамене - 30 минут.
- Время, отводимое на защиту курсовой работы, не должно превышать 15 мин, включая краткий доклад по результатам курсовой работы и ответы на вопросы.
- Возможность пользоваться справочными материалами, калькулятором.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Капитонов, А. А., Фрадков, А. Л.	Введение в моделирование и управление для робототехнических систем	Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований	2016	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/69343.html">http://www.iprbooks.hop.ru/69343.html</a>
Медведев, В. А.	Моделирование роботов и робототехнических систем	Москва: Ай Пи Ар Медиа	2021	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/108369.html">http://www.iprbooks.hop.ru/108369.html</a>
Медведев, В. А.	Моделирование роботов и РТС	Воронеж: Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ	2020	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/100447.html">http://www.iprbooks.hop.ru/100447.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				



Бурьков, Д. В., Волощенко, Ю. П.	Математическое и имитационное моделирование электротехнических и робототехнических систем	Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета	2020	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/107953.html">http://www.iprbooks hop.ru/107953.html</a>
Крахмалев, О. Н.	Моделирование систем манипуляционных систем роботов	Саратов: Ай Пи Эр Медиа	2018	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/73333.html">http://www.iprbooks hop.ru/73333.html</a>
Пенский, О. Г., Шарапов, Ю. А., Ощепкова, Н. В.	Математические модели роботов с неабсолютной памятью и приложения моделей	Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет	2018	<a href="https://www.iprbooks.hop.ru/118929.html">https://www.iprbooks hop.ru/118929.html</a>

## 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>  
 Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>  
 Электронно-библиотечная система «Айбукс» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibooks.ru/>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

PTC Mathcad 15

## 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска