

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Автоматизация, управление, мехатроника»

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

### Ф.1 «Моделирование робототехнических систем»

направления подготовки

#### **15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»**

Профиль «Интеллектуальные информационно-управляющие системы»

форма обучения – очная

курс – 3

семестр – 6

зачетных единиц –

часов в неделю –

всего часов – 108

в том числе:

лекции – 8

коллоквиумы –нет

практические занятия – 28

лабораторные занятия – нет

самостоятельная работа – 72

зачет – 6 семестр

экзамен - нет

РГР – нет

курсовая работа - нет

курсовой проект – нет

## 1. Цели и задачи дисциплины

**Цель преподавания дисциплины:** Формирование навыков по моделированию роботов и робототехнических систем с учётом представления их как сложной системы.

**Задачи изучения дисциплины:**

- разумное упрощение модели, т.е. выбор необходимой и достаточной степени её подобия объекту моделирования;
- выбор математического аппарата для построения модели;
- развитие у студентов умений и навыков моделирования технических объектов.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Данная учебная дисциплина относится факультативным дисциплинам учебного плана подготовки бакалавра в соответствии с профилем «Интеллектуальные информационно-управляющие системы».

Курс «Моделирование робототехнических систем» содержательно и методологически взаимосвязан с курсами «Математика», «Физика» «Теоретическая механика», «Теория динамических систем и сложных сетей в инженерных задачах», «Математическое моделирование информационно-управляющих систем», «Математическое моделирование в инженерных задачах».

Компетенции, сформированные при изучении данной дисциплины, могут быть полезны при изучении следующих дисциплин: «Теория систем и системный анализ для построения информационно-управляющих систем», «Системный анализ в задачах управления».

## 3. Требования к знаниям и умениям студентов по дисциплине.

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

- способностью участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами (ПК-19);

**Знает:** физические особенности модулей и подсистем мехатронных и робототехнических систем и принципы построения их математических моделей.

**Умеет:** разрабатывать математические модели объектов профессиональной деятельности; реализовывать модели средствами вычислительной техники.

**Владеет:** навыками составления математических моделей робототехнических систем.

#### 4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий.

№ модуля	№ недели	№ темы	Наименование темы	Часы/Из них в интерактивной форме					
				всего	лекции	коллокви.	лаб. зан.	пр. зан.	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1-16	1	Моделирование механики манипулятора.	74	6	0	0	20	48
2	13-18	2	Имитационное моделирование манипулятора	34	2	0	0	8	24
<b>Итого</b>				<b>108</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>72</b>

#### 5. Содержание лекционного курса.

№ темы	Всего час.	№ Лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции.	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	3	4
1	2	1	Свойства манипулятора как объекта моделирования. Задачи кинематики манипулятора. Методы решения задач кинематики, постановка задачи .	[1,2,3,5,10]
1	2	2	Задача о скоростях и ускорениях. Вращение твердого тела. Сравнение методов вычисления скоростей. Скорости и ускорения звеньев манипулятора. Скорости и ускорения в однородных координатах.	[1,2,3,5,10]
1	2	3	Линейные и угловые скорости и ускорения звеньев манипулятора. Динамика манипулятора. Метод Эйлера-Лагранжа. Кинетическая и потенциальная энергии манипулятора. Уравнение движения манипулятора.	[1,2,3,5,10]
2	2	4	Имитационное моделирование компонентов механических систем. Пакеты среды MATLAB для моделирования мехатронных систем. Принципы моделирования механических систем в пакете SimMechanics.	[4,10]

#### 6. Содержание коллоквиумов

Коллоквиумы не предусмотрены учебным планом.

#### 7. Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом

#### 8. Перечень практических занятий

№	Всего	№ за-	Тема практического занятия. Вопросы, отраба-	Учебно-
---	-------	-------	--	---------

темы	часов	зачеты	осуществляемые на практическом занятии	методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	4	1-2	Положение манипулятора в рабочем пространстве. Задачи кинематики манипулятора.	[5,11]
1	4	3-4	Кинематически – избыточные манипуляторы. Численное решение задач кинематики манипулятора.	[1,5,4,11]
1	4	5-6	Кинематическое управление манипулятором.	[1,5,11]
1	4	7-8	Решение обратной задачи динамики манипулятора.	[1,5,11]
1	4	9-10	Уравнения Лагранжа II рода для составления уравнений динамики	[1,5,11]
2	4	11-12	Имитационное моделирование динамических систем.	[4,9,11]
2	4	13-14	Анализ движения манипулятора на основе пакета SimMechanics	[11]

### 9. Задания для самостоятельной работы студентов.

№ темы	Всего час.	Вопросы для самостоятельного изучения (задания).	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	12	Состав и структура современной робототехнической системы	[7,8]
1	12	Методы описания кинематики манипулятора на основе кватернионов и дуальных винтов.	[7,8]
1	12	Методы многомерной оптимизации для решения задач кинематики манипуляторов. Методы прямого поиска и генетические алгоритмы.	[7,8]
1	12	Манипуляторы с замкнутой кинематической цепью. Особенности решения задач кинематики и динамики.	[7,8]
2	12	Пакет SimHydraulics для моделирования гидравлических систем	[7,8]
2	12	Моделирование систем на основе аппарата нейронных сетей	[7,8]

Методические указания по самостоятельному изучению отдельных разделов дисциплины приведены в соответствующем разделе ИОС.

### 10. Расчетно-графическая работа

Не предусмотрена учебным планом.

### 11. Курсовая работа

Не предусмотрена учебным планом.

### 12. Курсовой проект

Не предусмотрен учебным планом

### 13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Процедура оценивания знаний, умений и навыков проводится в соответствии со следующими методическими материалами и заключается в проведении устного экзаменационного опроса в виде диалога преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала, оценка способности студента применить полученные ранее знания; в проведении модулей и коллоквиумов, как способов межсессионной проверки знаний, умений, навыков студента в середине семестра по пройденным темам изучаемого предмета.

Умения и навыки, приобретенные студентом, оцениваются по результатам выполнения практических заданий, включающих одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить, или описание результата, который нужно получить. Показателем оценивания степени усвоения знаний является оценка, полученная при представлении материалов и докладе по выданной теме. Оценка выставляется по четырехбальной шкале, соответствующей оценкам «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и осуществляется путем анализа представленного материала в ответ на практические контрольные задания. При этом руководствуются следующими критериями:

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения (дескрипторы)
Отлично	Оценка «Отлично» выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Студенты работают полностью самостоятельно: подбирают необходимые для выполнения предлагаемых работ в задании источники знаний, показывают необходимые для проведения практической работы теоретические знания, практические умения и навыки.
Хорошо	Оценка «Хорошо» выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме и самостоятельно. Допускаются отклонения от необходимой последовательности выполнения, не влияющие на правильность конечного результата. Студенты используют указанные преподавателем источники знаний, включая страницы атласа, таблицы из приложения к учебнику, страницы из справочной литературы по предмету. Задание показывает знание учащихся основного теоретического материала и овладение умениями, необходимыми для самостоятельного выполнения работы. Могут быть неточности и небрежность в оформлении результатов работы.

удовлетворительно	Оценка «Удовлетворительно» выставляется студенту, если задание на практическую работа выполняется и оформляется студентами при помощи преподавателя или хорошо подготовленных и уже выполненных на «отлично» данную работу студентов. На выполнение задания затрачивается много времени (можно дать возможность доделать работу дома). Студенты показывают знания теоретического материала, но испытывают затруднение при самостоятельной работе с физическими приборами, графиками, таблицами справочной литературы.
неудовлетворительно	Оценка «Неудовлетворительно» выставляется, если студенты показывают плохое знание теоретического материала и отсутствие умения применить знания к решению практической задачи. Руководство и помощь со стороны преподавателя и хорошо подготовленных студентов неэффективны по причине плохой подготовки студента.

Оценки «отлично», «хорошо» и «удовлетворительно» служит основанием для зачета знаний, умений и навыков по дисциплине с простановкой в ведомости «зачтено».

### **Вопросы для зачета**

1. Прямая задача о положении манипулятора.
2. Методы задания закона движения схвата манипулятора.
3. Решение обратной задачи о положении манипулятора. Условие аналитического решения.
4. Решение обратной задачи о положении манипулятора методом последовательных приближений
5. Решение обратной задачи о положении манипулятора как решение системы нелинейных уравнений.
6. Задача кинематики манипулятора как оптимизационная задача.
7. Задача о скоростях звеньев манипулятора в декартовых координатах
8. Скорости звеньев манипулятора в однородных координатах
9. Ускорения звеньев манипулятора
10. Ускорения звеньев манипулятора в однородных координатах
11. Модели приводов манипулятора манипулятора.
12. Силы и моменты в сочленениях манипулятора.
13. Кинетическая и потенциальная энергия звеньев манипулятора.
14. Уравнения Лагранжа 2-го рода
15. Построения рекуррентных уравнений динамики манипулятора.
16. Основные возможности пакета SimMechanics
17. Моделирование подвижных объектов в пакете SimMechanics
18. Моделирование гибких звеньев при помощи пакета SimMechanics

### ***Контрольные задания для проверки умений и навыков***

1. Построить систему уравнений, описывающую положение схвата манипулятора с 7 вращательными сочленениями.
2. Построить систему уравнений, описывающую положение схвата манипулятора с тросовым механизмом сохранения ориентации схвата.
3. Для манипулятора с шестью степенями подвижности, работающего в цилиндрической системе координат найти решение обратной задачи о положении в аналитической форме.
4. Найти решение обратной задачи о положении манипулятора с шестью степенями подвижности, работающего в угловой системе координат методом последовательных приближений.
5. Для манипулятора с семью степенями подвижности найти решение обратной задачи о положении с использованием стандартных функций пакета Optimization Toolbox Matlab.
6. Построить имитационную модель привода локтевого сочленения манипулятора типа «Puma»
7. Для первых трех сочленений манипулятора, имеющих поступательные степени подвижности, найти управляющие воздействия, перемещающие схват из одной точки пространства в другую точку за заданное время. Вид обратной связи в системе управления задать самостоятельно.
8. Построить имитационную модель плечевой степени подвижности манипулятора со следящим приводом на основе двигателя постоянного тока.
9. Для вращательной степени подвижности манипулятора на основе двигателя постоянного тока определить погрешность отработки программного движения.
10. Найти решение обратной задачи о положении манипулятора с гибким звеном, оснащенном тензорезистивными датчиками изгиба.
11. Для устройства позиционирования патрона фрезерного станка на основе платформы Стюарта найти перемещения стержней, обеспечивающее заданное положение и ориентацию инструмента, относительно основания.

### **14. Образовательные технологии**

Для успешного освоения дисциплины в ходе изложения материала используются лекции на основе мультимедийных презентаций. При изложении материала лектор обсуждает проблемные вопросы, направленные на практическую и самостоятельную деятельность студента.

Для развития самостоятельной активности в изучении материала студентам предлагается использование интернет-ресурсов (электронных каталогов, специализированных порталов и сайтов).

При выполнении практических работ студенты делятся на микрогруппы по 2-3 человека. Члены каждой микрогруппы выполняют задания и отчитываются совместно, дополняя ответы, друг друга.

При обучении лиц с ограниченными возможностями и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуализации обучения, сопровождение тьюторами в образовательном пространстве; увеличивается время на самостоятельное освоение материала.

Для достижения планируемых результатов также используются следующие образовательные технологии:

1. Дистанционные на основе информационно-образовательной среды СГТУ имени Гагарина Ю.А., основе реализации возможности самостоятельного изучения материалов по всем видам образовательной деятельности в соответствии с учебным планом, в том числе до прохождения занятий, текущего дистанционного консультирования студентов.

2. Развивающее проблемно-ориентированное обучение, направленное на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения на основе рассмотрения примеров из практической деятельности преподавателей, в области научно-практических исследований.

3. Личностно ориентированное обучение, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе в рамках самостоятельной работы.

## **15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине**

### **Основная литература**

1. Рыбак Л.А. Эффективные методы решения задач кинематики и динамики робота-станка параллельной структуры [Электронный ресурс]/ Рыбак Л.А., Ержуков В.В., Чичварин А.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011.— 147 с.

*Режим доступа:* <http://www.iprbookshop.ru/30193>.

2. 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. — 978-5-4486-0146-0.

*Режим доступа:* <http://www.iprbookshop.ru/73333.html>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

3. Родин Б.П. Механика робота [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Родин Б.П.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2013.— 56 с.

*Режим доступа:* <http://www.iprbookshop.ru/18393>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю



### **Дополнительная литература**

4. Дьяконов В.П. VisSim+Mathcad+MATLAB. Визуальное математическое моделирование [Электронный ресурс]/ Дьяконов В.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008.— 384 с.

*Режим доступа:* <http://www.iprbookshop.ru/8656>

5. Булгаков А.Г. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление [Электронный ресурс]/ Булгаков А.Г., Воробьев В.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008.— 486 с.

*Режим доступа:* <http://www.iprbookshop.ru/8709>

6. Мастяева И.Н. Численные методы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Мастяева И.Н., Семенихина О.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Евразийский открытый институт, Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2003.— 241 с.

*Режим доступа:* <http://www.iprbookshop.ru/11121>.

### **Интернет-ресурсы**

7. Основные Российские образовательные порталы  
[www.edu.ru](http://www.edu.ru) - Федеральный портал «Российское образование»  
[www.informika.ru](http://www.informika.ru) - Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций
8. Интернет - энциклопедия Wikipedia: <http://ru.wikipedia.org>
9. Описание пакета Matlab и его дополнительных компонентов на русском языке <http://matlab.exponenta.ru>

### **Информационно-образовательная среда**

10. Лекции по дисциплине  
<https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/AUM/15.03.04/F.1/default.aspx>

11. Методические указания к практическим работам  
<https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/AUM/15.03.04/F.1/default.aspx>

Все лекционные и учебно-методические материалы размещены в электронной форме в ИОС СГТУ имени Гагарина Ю.А.

<https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/AUM/15.03.04/F.1/default.aspx>

## **16. Материально-техническое обеспечение**

Лекционные и практические занятия проходят с использованием компьютеров в типовом компьютерном классе, оборудованном специализированной учебной мебелью, технических средств обучения (мультимедийный проектор, интерактивная доска).

Для проведения практических занятий требуются:

- компьютерный класс с программным обеспечением (Microsoft Office 2007/2010, Matlab), рассчитанные на обучение группы студентов из 15–20 человек, удовлетворяющие санитарно-гигиеническим требованиям. Компьютеры должны работать под управлением операционной системы Microsoft Windows XP или Windows 7 с подключением к сети Internet.

Электронная библиотека вуза:

<http://lib.sstu.ru/index.php/elmrazdel/melellib>

Электронная информационно-образовательная среда:

<https://portal.sstu.ru>