

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан



Ю.Н. Рыжих

20 23 г.

Рабочая программа дисциплины

**Динамика и управление роботов**

по направлению подготовки

**15.04.06 Мехатроника и робототехника**

Направленность (профиль) подготовки :  
**Моделирование робототехнических систем**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

Год приема

**2023**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.02

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Г.Р. Шрагер

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2023

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-11 Способен организовывать разработку и применение алгоритмов и современных цифровых программных методов 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;

ПК-1 Способность и готовность разрабатывать математические модели составных частей объектов профессиональной деятельности методами теории автоматического управления.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 11.1 Знать 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

ИОПК 11.2 Уметь организовать, разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем

ИОПК 11.3 Иметь навыки организации, разработки и применения алгоритмов и современных цифровых программных методов расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем

ИПК 1.1 Знать принципы построения моделей математического описания составных частей мехатронных и робототехнических систем (информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных элементов и средств вычислительной техники);

ИПК 1.2 Уметь реализовывать модели средствами вычислительной техники и определять характеристики объектов профессиональной деятельности по разработанным моделям.

ИПК 1.3 Иметь навыки применения методов, способов и средств получения, хранения, переработки информации в области машиностроения

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить физико-математический аппарат, необходимый для описания и исследования разрабатываемых робототехнических систем и устройств и уметь формулировать основные принципы аналитической динамики робототехнических систем.

– Научиться применять понятийный аппарат кинематики и динамики управляемых робототехнических систем для решения комплекса практических задач профессиональной деятельности.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Первый семестр, экзамен

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 часов, из которых:

-лекции: 32 ч.

-практические занятия: 32 ч.

в том числе практическая подготовка: 32 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

**Тема 1.** Проблемы обучения и адаптации роботов. Управление роботами в нестационарных и неопределенных условиях.

**Тема 2.** Аналитическая механика роботов. Количество движения и его проекция. Момент количества движения материальной точки и системы относительно центра и оси. Статика несвободной системы.

**Тема 3.** Классификация связей. Возможные перемещения системы. Принцип освобожденности. Идеальные связи. Принцип возможных перемещений. Понятие о теоремах Ляпунова.

**Тема 4.** Вариационные принципы динамики. Динамический принцип возможных перемещений. Принцип наименьшего принуждения. Принцип Даламбера-Лагранжа.

**Тема 5.** Принцип стационарного действия Якоби. Принцип Гамильтона-Остроградского. Уравнения Лагранжа, Гамильтона-Якоби для функции S.

**Тема 6.** Кинематика и динамика роботов. Обобщенные координаты и пространство конфигураций. Основная и локальная системы координат. Вычисление кинематических характеристик. Матрица кинематических характеристик.

**Тема 7.** Элементы матрицы кинематических характеристик. Динамика исполнительных механизмов. Голономные связи и активные силы. Внутренние и внешние силы. Уравнения динамики манипуляционных механизмов.

**Тема 8.** Элементы уравнений динамики манипуляционных механизмов. Обобщенная динамическая модель робота.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, выполнения домашних заданий, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций:

### **Темы рефератов**

1. Кинематика и динамика роботов. Обобщенные координаты и пространство конфигураций. Основная и локальная системы координат.

2. Вычисление кинематических характеристик

3. Матрица кинематических характеристик. Элементы матрицы кинематических характеристик.

4. Динамика исполнительных механизмов. Голономные связи и активные силы. Внутренние и внешние силы.
5. Инерционные характеристики и динамика механизма с голономными связями.
6. Управление роботами в нестационарных и неопределенных условиях.
7. Две меры механического движения. Количество движения и его проекция.
8. Момент количества движения материальной точки и системы относительно центра и оси. Потенциальная и кинетическая энергия.
9. Классификация связей. Возможные перемещения системы. Число степеней свободы. Принцип освобожденности. Идеальные связи.
10. Принцип возможных перемещений. Устойчивость равновесия системы. Теорема Лагранжа-Дирихле.
11. Понятие о теоремах Ляпунова.
12. Вариационные принципы динамики. Основные понятия и определения.
13. Принцип и уравнения Даламбера-Лагранжа.
14. Уравнения динамики манипуляционных механизмов.
15. Элементы уравнений динамики манипуляционных механизмов.
16. Динамика приводов.
17. Обобщенная динамическая модель робота.

**Экзамен** проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух частей. Образцы контрольных билетов.

Билет №1.

1. Две меры механического движения. Количество движения и его проекция.
2. Принцип наименьшего принуждения. Принцип прямейшего пути.

Билет №2.

1. Момент количества движения материальной точки и системы относительно центра и оси.
2. Принцип Стационарного действия Мопертюи.

Билет №3.

1. Классификация связей.
2. Принцип стационарного действия Якоби

Билет №4.

1. Классификация связей. Возможные перемещения системы
2. Принцип Гамильтона-Остроградского

Билет №5.

1. Число степеней свободы. Принцип освобожденности
2. Уравнения Лагранжа, Гамильтона-Якоби для функции S

Билет №6.

1. Теорема Лагранжа-Дирихле.
2. Обобщенные координаты и пространство конфигураций.

Билет №7.

1. Понятие о теоремах Ляпунова
2. Основная и локальная системы координат

Билет №8.

1. Вариационные принципы динамики. Основные понятия и определения
2. Матрица кинематических характеристик. Элементы матрицы кинематических характеристик

Билет №9.

1. Динамический принцип возможных перемещений
2. Динамика исполнительных механизмов. Голономные связи и активные силы

Билет №10.

1. Элементы уравнений динамики манипуляционных механизмов
2. Принцип Даламбера-Лагранжа.

На основе содержания курса, по каждому из разделов сформулированы вопросы, обсуждаемые в ходе работы с преподавателем. Уровень подготовки обучающегося и его оценка выявляются в результате собеседований. В основе итоговой оценки лежит качество освоения разделов дисциплины с учётом степени активности каждого слушателя в ходе проведения семинаров.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

<b>Уровень</b>	<b>Качество ответов при собеседовании</b>	<b>Оценка</b>
1	Не ответил на вопросы или не явился на экзамен	неудовлетворительно
2	Фрагментарные ответы на основные и дополнительные вопросы. Оценка выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины.	неудовлетворительно
3	Формальные ответы на основные вопросы, слабое понимание физической сути при ответах на дополнительные вопросы. Оценка выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно точно формулирующему базовые понятия, допустившему неточности в построении физической модели или ее программной реализации	удовлетворительно
4	Ответы на основные вопросы с замечаниями. Имеются разного уровня замечания по дополнительным вопросам. Оценка выставляется студенту, твердо знающему материал, грамотно и по существу излагающему его, умеющему применять полученные знания на практике, но допускающему не критичные неточности в построении модели.	хорошо
5	Ответы на основные и дополнительные вопросы без существенных замечаний. Оценка выставляется студенту, способному самостоятельно принимать решения, оценивать	отлично

	их эффективность, обосновывать принятые решения и реализовывать их с помощью информационных технологий	
--	--	--

### Вопросы самоконтроля знаний.

1. Классификация управляющих систем роботов.
2. Управление роботами в нестационарных и неопределенных условиях.
3. Две меры механического движения. Количество движения и его проекция.
4. Момент количества движения материальной точки и системы относительно центра и оси. Потенциальная и кинетическая энергия.
5. Классификация связей.
6. Возможные перемещения системы.
7. Число степеней свободы. Принцип освобожденности.
8. Идеальные связи.
9. Принцип возможных перемещений.
10. Устойчивость равновесия системы.
11. Теорема Лагранжа-Дирихле.
12. Понятие о теоремах Ляпунова.
13. Вариационные принципы динамики. Основные понятия и определения.
14. Динамический принцип возможных перемещений.
15. Принцип наименьшего принуждения. Принцип прямейшего пути.
16. Принцип Даламбера-Лагранжа.
17. Принцип Стационарного действия Мопертюи.
18. Принцип стационарного действия Якоби.
19. Принцип Гамильтона-Остроградского.
20. Уравнения Лагранжа, Гамильтона-Якоби для функции S.
21. Кинематика и динамика роботов. Обобщенные координаты и пространство конфигураций.
22. Основная и локальная системы координат.
23. Вычисление кинематических характеристик.
24. Матрица кинематических характеристик. Элементы матрицы кинематических характеристик.
25. Динамика исполнительных механизмов. Голономные связи и активные силы. Внутренние и внешние силы.
26. Принцип и уравнения Даламбера-Лагранжа.
27. Инерционные характеристики и динамика механизма с голономными связями.
28. Уравнения динамики манипуляционных механизмов.
29. Элементы уравнений динамики манипуляционных механизмов.
30. Динамика приводов.
31. Обобщенная динамическая модель робота.

### 11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Основы теории управления: Учебное пособие/А.П. Балашов - М.: Вузовский учебник, НИЦ ИНФРА-М, 2021. - 280 с. - URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=49191>
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

### 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

- а) основная литература:

1. Основы теории управления: Учебное пособие/А.П. Балашов - М.: Вузовский учебник, НИЦ ИНФРА-М, 2021. - 280 с. - URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=49191>

2. Тимофеев А.В. Управление роботами. - Ленинград. Изд-во Ленингр. ун-та, 1986.

3. Динамика управления роботами. /Под ред. Е.И. Юревича. -М.: Наука, 1984.

б) дополнительная литература:

1. Промышленная робототехника. /Под ред. Л.С. Ямпольского. - Киев, Техника, 1984.

2. Попов Е.П., Верещагин А.Ф., Зенкевич С.Л. Манипуляционные роботы. Динамика и алгоритмы. М.: Машиностроение, 1978.

3. Галиуллин А.С. Обратные задачи динамики. -М.: Наука, 1981. – 144с

4. Галиуллин А.С. Аналитическая динамика. - М.: Высш. школа, 1989. –264с.

5. Вукобратович м., Стокич Д. Управление манипуляционными роботами. -М.: Наука, 1985.

в) ресурсы сети Интернет:

Все виды информационных ресурсов Научной библиотеки ТГУ. Информационные источники сети Интернет.

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –

<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозитории) ТГУ –

<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

### **15. Информация о разработчиках**

Биматов Владимир Исмагилович, доктор физико-математических наук, доцент, кафедра динамики полета, профессор