

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

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Ю.Н. Рыжих

Рабочая программа дисциплины

Моделирование роботов и робототехнических систем

по направлению подготовки / специальности

15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:

Промышленная и специальная робототехника

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер, инженер-исследователь

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Е.И. Борзенко

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

БК-1 Способен применять общие и специализированные компьютерные программы при решении задач профессиональной деятельности.

ПК-1 Способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники.

ПК-3 Способность проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных пакетов с целью исследования математических моделей мехатронных и робототехнических систем.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РОБК-1.1 Знает правила и принципы применения общих и специализированных компьютерных программ для решения задач профессиональной деятельности

РОБК-1.2 Умеет применять современные IT-технологии для сбора, анализа и представления информации; использовать в профессиональной деятельности общие и специализированные компьютерные программы

РОПК 1.1 Знает основные законы, описывающие функционирование проектируемых объектов.

РОПК 1.2 Умеет формулировать математические постановки задач функционирования мехатронных и робототехнических устройств и разрабатывать алгоритмы их решения.

РОПК 3.1 Знает основы математического моделирования мехатронных и робототехнических систем.

РОПК 3.2 Умеет использовать стандартные пакеты прикладных программ для выполнения математического моделирования.

2. Задачи освоения дисциплины

- Изучить кинематические характеристики механизмов роботов.
- На примерах роботов-манипуляторов освоить методы расчета кинематических характеристик.
- Изучить алгоритмы генерации траектории энд-эффектором робота-манипулятора.
- В программных комплексах – симуляторах роботов научиться использовать виртуальные модели роботов и реализовывать в них алгоритмы решения прямых и обратных кинематических задач, генерации траектории рабочего органа манипулятора.
- Научиться налаживать и запускать в работу физические модели колесного мобильного и шагающего роботов, переносить в них созданные в виртуальной среде управляющие программы.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

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

Седьмой семестр, зачет с оценкой

5. Входные требования для освоения дисциплины

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

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Основы мехатроники и робототехники, Детали машин и основы конструирования, Теория автоматического управления.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 10 ч.

-лабораторные: 24 ч.

в том числе практическая подготовка: 24 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Мехатроника и робототехника.

Что такое робот. Классификация роботов. Что такое робототехника. Подсистемы робота. Термин мехатроника. Робототехнические мехатронные устройства. Мехатронные модули и мехатронные системы. Состав и признаки мехатронного устройства. Примеры мехатронных систем.

Тема 2. Пространство конфигураций робота.

Определения. Степени свободы твердого тела. Степени свободы робота. Кинематические пары роботов. Формула Грублера. Примеры. Топология пространства конфигурации. Представление пространства конфигурации. Ограничения конфигурации и скорости. Пространство задач и рабочая область. Примеры.

Тема 3. Движения твердого тела.

Определения. Движение твердого тела в плоскости. Матрицы вращения. Угловые скорости. Экспоненциальное представление координат вращения, примеры. Однородные матрицы преобразования, примеры. Сведение перемещения твердого тела к винтовому, примеры. Экспоненциальное представление координат движения твердого тела, примеры.

Тема 4. Прямая задача кинематики робота.

Определения. Метод произведения экспонент (РОЕ). Формулировка РОЕ-метода в системе координат основания, примеры. Формулировка РОЕ-метода в системе координат энд-эффектора, примеры. Метод параметризации Денавита-Хартенберга, примеры. Универсальный формат описания робота (URDF).

Тема 5. Кинематика скорости и статика.

Определения. Якобиан пространства (в фиксированной системе координат), пример. Якобиан тела (в системе координат энд-эффектора), пример. Связь между якобианом пространства и якобианом тела. Альтернативные формы записи якобиана манипулятора. Первый взгляд на решение обратной задачи кинематики скорости. Статика открытых кинематических цепей. Анализ кинематических особенностей с помощью матрицы Якоби, примеры. Построение эллипсоидов манипулируемости и сил с помощью матрицы Якоби, пример.

Тема 6. Обратная задача кинематики (ОЗК) робота.

Определения. Аналитическое решение ОЗК для роботов-манипуляторов типа PUMA и Stanford arm. Численное решение ОЗК. Метод Ньютона-Рафсона, этапы вычислительного алгоритма, пример. Подходы к решению обратной задачи кинематики скорости.

Тема 7. Генерация траектории движения рабочего органа.

Определения. Способы построения траекторий «от точки к точке». Способы построения траекторий с промежуточными точками. Алгоритм определения оптимального времени движения по траектории с учетом ограничений, наложенных на привод робота.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, предоставления отчетов по лабораторным работам и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduor/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет с оценкой в седьмом семестре проводится в письменной форме. Продолжительность зачета 1 час.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduor/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в среде электронного обучения iDO – <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=22470>.

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) Методические указания по проведению лабораторных работ.

– Лабораторные работы проводятся с использованием документации к программному обеспечению CoppeliaSim, TRIK Studio, ROBOTIS OP3 по следующим темам: Создание виртуальной модели колесного робота в среде CoppeliaSim и ее программирование; Знакомство с мобильным роботом ТРИК и программирование его виртуальной модели в среде TRIK Studio, сборка, запуск и реального робота; Знакомство с шагающим роботом ROBOTIS OP3 и программирование его виртуальной модели в пакете прикладных программ Robot Operating System, запуск и отладка реального робота.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

– Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов состоит в изучении лекционного материала, учебно-методической литературы и интернет-ресурсов, подготовке к выполнению лабораторных работ, подготовке к сдаче зачета.

– Самостоятельная (аудиторная) работа студентов заключается в выполнении лабораторных работ.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Lynch K. M. Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control / K. M. Lynch, F. C. Park. – Cambridge: Cambridge University Press, 2017. – 544 p.

– Лукинов А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств: учебное пособие / А. П. Лукинов. – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 608 с.

– Егоров О. Д. Робототехнические мехатронные системы: учебник / О. Д. Егоров, Ю. В. Подураев, М. А. Буйнов. – М.: ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН», 2015. – 326 с.

б) дополнительная литература:

- Бройнль Т. Встраиваемые робототехнические системы: проектирование и применение мобильных роботов со встроенными системами управления / Т. Бройнль. – Москва, Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2012. – 518 с.
- Крейг Д. Дж. Введение в робототехнику. Механика и управление / Д. Дж. Крейг. – Москва, Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2013. – 564 с.

в) ресурсы сети Интернет:

- Modern Robotics // URL: http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/Modern_Robotics (дата обращения: 13.01.2025)
- открытые онлайн-курсы
- Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система. <http://www.consultant.ru>

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 On-eNote, 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.).
- условно-бесплатное программное обеспечение: CoppeliaSim, Microsoft Visual Studio Community;
- бесплатное программное обеспечение: TRIK Studio, Ubuntu, Robot Operating System;

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) 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 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.

Лаборатории, в которых расположены реальные модели колесного и шагающего роботов, компьютерная техника с доступом к сети Интернет.

15. Информация о разработчиках

Фролов Олег Юрьевич, к. ф.-м. н., доцент, физико-технический факультет НИ ТГУ, кафедра автоматизации технологических процессов, доцент.