

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король



15 июля 2024 г.

Регистрационный №УД-13428/уч.

ОСНОВЫ РОБОТОТЕХНИКИ. МЕХАНИКА РОБОТОВ И МАНИПУЛЯТОРОВ

Учебная программа учреждения образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 03 02 Механика и математическое моделирование

2024 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 02-2021; учебных планов БГУ: №G31-1-209/уч. от 22.03.2022, №G31-1-209/уч.- СИБД от 22.03.2022.

СОСТАВИТЕЛИ:

А.В. Богданович, профессор кафедры теоретической и прикладной механики механико-математического факультета Белорусского государственного университета, доктор технических наук, профессор;

Е.В. Авдейчик, ассистент кафедры теоретической и прикладной механики механико-математического факультета Белорусского государственного университета.

РЕЦЕНЗЕНТ:

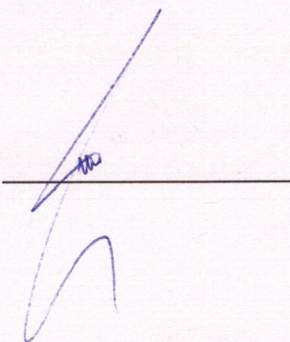
Чикова Т.С., профессор кафедры общей и медицинской физики факультета мониторинга окружающей среды Международного государственного экологического института имени А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой теоретической и прикладной механики БГУ
(протокол № 11 от 26.04.2024)

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 9 от 28.06.2024)

Заведующий кафедрой



М.А. Журавков

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины «Основы робототехники. Механика роботов и манипуляторов» – формирование у студентов специальных знаний по робототехнике, основам работы с робототехническими комплексами, механике роботов и манипуляторов.

Задачи учебной дисциплины:

- 1) формирование у студентов основных понятий робототехники, механики роботов и манипуляторов;
- 2) обучение студентов навыкам решения практических задач по работе с робототехническими комплексами, прямой и обратной задачам кинематики роботов, прямой задачи о скоростях роботов, основным приемам кинематического описания движения многосвязного механизма – манипулятора робота.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к дисциплинам специализации компонента учреждения высшего образования.

Учебная программа составлена с учетом межпредметных связей и программ по дисциплинам: «Теоретическая механика», «Динамика роботов и манипуляторов. Программирование роботов».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Основы робототехники. Механика роботов и манипуляторов» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

универсальные компетенции:

Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации;

Решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе применения информационно-коммуникационных технологий;

Работать в команде, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные, культурные и иные различия;

Быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности;

Проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности;

базовые профессиональные компетенции:

Применять основные законы и методы естественнонаучных дисциплин для решения теоретических и практических задач в профессиональной деятельности;

Использовать основные аналитические и численные методы теоретической механики, механики сплошных сред, сопротивления материалов к исследованию механических процессов;

Применять основные алгебраические и геометрические понятия, конструкции и методы для решения теоретических и прикладных задач механики и математики;

Применять теоретические знания и навыки в самостоятельной исследовательской деятельности;

специализированные компетенции:

Применять методы и законы механики к исследованию робототехнических систем и решению прикладных задач механики

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать: основные понятия робототехники, методы построения роботов, новейшие достижения в области робототехники, формулировки и методы решения прямой и обратной задачи кинематики манипулятора;

уметь: использовать полученные знания в практической деятельности для работы с робототехническими комплексами, самостоятельно строить математическую модель кинематики робота, решать для него прямую и обратную задачи кинематики, рассчитывать поле скоростей;

владеть: современными методами и приемами решать задач механики роботов, построения адекватных математических моделей реальных манипуляторов, самообразования и способами использования изученного аппарата для проведения самостоятельных исследований.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 5 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Основы робототехники. Механика роботов и манипуляторов» отведено:

– в очной форме получения высшего образования: 135 часов, в том числе 90 аудиторных часа, из них: лекции – 26 часов, лабораторные занятия – 60 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Основы робототехники

Тема 1.1. История и общие принципы робототехники

Введение. Предыстория развития робототехники. Возникновение и развитие современной робототехники. Основные функции робота. Робототехника и ее место в системе технических наук. Функциональные возможности, необходимые роботу для выполнения простых операций.

Тема 1.2. Принципы работы манипулятора. Мобильные роботы

Многозвенные манипуляторы. Манипуляторы с силовым управлением. Мобильность. Современные мобильные роботы. Шагающие роботы.

Тема 1.3. Сенсорные устройства роботов

Классификация сенсоров. Сенсорные устройства захвата робота. Тактильные сенсорные устройства, датчики давления и скольжения. Техническое зрение. Акустическое восприятие. Ультразвуковые датчики.

Тема 1.4. Средства передвижения мобильных роботов. Приводы роботов

Средства передвижения роботов. Приводы роботов (пневматический, гидравлический, электрический, комбинированный).

Тема 1.5. Блоки питания роботов. Информационные системы роботов

Блоки питания роботов. Информационные системы роботов.

Тема 1.6. Системы управления роботов. Особенности применения современных роботов. Промышленный робот РМ-01

Системы управления роботов. Особенности применения современных роботов в различных отраслях и видах деятельности. Промышленный робот РМ-01.

Раздел 2. Механика роботов и манипуляторов

Тема 2.1. Современное состояние и перспективы развития. Основные структурные характеристики кинематических цепей

Обзор этапов развития идей, приведших к возникновению промышленных роботов. Классификация современных промышленных роботов. Функциональная схема робота и характеристики его составляющих. Типы кинематических пар. Основные структурные характеристики кинематических цепей.

Тема 2.2. Матрицы поворота и их свойства. Формула Родриго. Линейные преобразования в проективном пространстве

Преобразование систем координат в евклидовом пространстве. Матрицы поворота и их свойства. Вывод формулы Родриго. Понятие о проективном пространстве. Линейные преобразования в проективном пространстве. Проективное пространство PR^3

Тема 2.3. Обобщенные и операционные координаты манипулятора. Выбор систем координат, связанных со звеньями манипулятора. Определения обобщенных и операционных координат манипулятора.

Выбор систем координат, связанных со звеньями манипулятора. Формулировка прямой и обратной задач кинематики манипулятора.

Тема 2.4. Параметры Денави-Хартенберга. Матрицы перехода между системами координат. Прямая задача кинематики манипулятора

Параметры Денави-Хартенберга. Матрицы перехода между системами координат, связанными со звеньями манипулятора. Решение прямой задачи кинематики для манипуляторов с различным количеством звеньев.

Тема 2.5. Алгоритм аналитического метода решения обратной задачи кинематики

Изложение и обсуждение алгоритма аналитического метода решения обратной задачи кинематики. Примеры решения обратной задачи для манипуляторов с различным количеством звеньев.

Тема 2.6. Основные кинематические соотношения. Построение матрицы Якоби

Вывод формул для скоростей и ускорений точек манипулятора, угловых скоростей и ускорений его звеньев. Два метода построения матрицы Якоби. Построение матрицы Якоби для манипулятора Пола.

Тема 2.7. Приближенные методы решения обратной задачи. Методы планирования траекторий робота

Обзор приближенных методов решения обратной задачи кинематики манипулятора. Понятие о планировании траекторий и приближении кривых сплайнами.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Формы контроля
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Раздел 1. Основы робототехники							
1.1	История и общие принципы робототехники	2			2			отчет по лабораторной работе
1.2	Принципы работы манипулятора. Мобильные роботы	2			4			отчет по лабораторной работе
1.3	Сенсорные устройства роботов	2			4		2	отчет по лабораторной работе, реферат
1.4	Средства передвижения мобильных роботов. Приводы роботов	2			4			контрольная работа по темам 1.1-1.3
1.5	Блоки питания роботов. Информационные системы роботов	2			6			отчет по лабораторной работе
1.6	Системы управления роботов. Особенности применения	2			12			отчет по лабораторной работе

	современных роботов. Промышленный робот РМ-01							
	Раздел 2. Механика роботов и манипуляторов							
2.1	Современное состояние и перспективы развития. Основные структурные характеристики кинематических цепей	2			2			отчет по лабораторной работе
2.2	Матрицы поворота и их свойства. Формула Родриго. Линейные преобразования в проективном пространстве	2			2			отчет по лабораторной работе
2.3	Обобщенные и операционные координаты манипулятора. Выбор систем координат, связанных со звеньями манипулятора.	2			2			отчет по лабораторной работе
2.4	Параметры Денави-Хартенберга. Матрицы перехода между системами координат. Прямая задача кинематики манипулятора	2			10			отчет по лабораторной работе; контрольная работа по темам 2.1-2.3
2.5	Алгоритм аналитического метода решения обратной задачи кинематики	2			4		2	отчет по лабораторной работе; доклад
2.6	Основные кинематические соотношения. Построение матрицы Якоби	2			6			отчет по лабораторной работе

2.7	Приближенные методы решения обратной задачи. Методы планирования траекторий робота	2			2			отчет по лабораторной работе
	Итого	26			60		4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Юревич Е.И. Основы робототехники: учебник для студентов вузов. – 4-е издание, пер. и доп. - СПб. : БВХ-Петербург, 2018. – 304 с.
2. Конюх В.Л. Основы робототехники : учебное пособие для студентов вузов. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. – 281 с.
3. Ступина Е.Е., Ступин А.А., Чупин Д.Ю., Каменев Р.В. Основы робототехники: учебное пособие. - Новосибирск : Агентство «Сибпринт», 2019. – 160 с.
4. Механика промышленных роботов. Кн.1. Кинематика и динамика. Под ред. *К.В.Фролова, Е.И.Воробьева*. – М.: Высшая школа, 1988. - 304 с.
5. Робототехника. Кинематика и динамика манипуляторов. О.Н. Вярвьильская и др. Под ред. проф. Журавкова М.А. Учебн. пособие. Минск: БГУ, 2010. – 232 с.

Дополнительная литература

6. *Вукобратович М.* Управление манипуляционными роботами. Теория и приложения. – М.: Наука, 1985. - 256 с.
7. Корендясев А.И., Саламандра Б.Л., Тывес Л.И. Теоретические основы робототехники. В 2-х кн. Отв. Ред. С.М. Каплунов. Ин-т машиноведения им. А.А. Благонравова РАН. – М. : Наука, 2006. Кн. 1. – 383 с.
8. Корендясев А.И., Саламандра Б.Л., Тывес Л.И. Теоретические основы робототехники. В 2-х кн. Отв. Ред. С.М. Каплунов. Ин-т машиноведения им. А.А. Благонравова РАН. – М. : Наука, 2006. Кн. 2. – 376 с.
9. Э. Накано. Введение в робототехнику. – М. : Мир, 1988. – 334 с.
10. *Пол Р.* Моделирование, планирование траекторий и управление движением робота – манипулятора. – М.: Наука, 1976. - 203 с.
11. Романов В.В. Основы программирования и эксплуатации промышленного робота РМ-01 модели «PUMA-560» с УЧПУ модели «СФЕРА 36». – Кострома, КТГУ, 1999. – 39 с.
12. Гляков С.А., Громыко О.В., Журавков М.А., Медведев Д.Г. Программное обеспечение промышленных роботов. – Минск : БГУ, 2008.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Диагностика результатов учебной деятельности по дисциплине «Основы робототехники. Механика роботов и манипуляторов» проводится, как правило, во время аудиторных занятий. Для диагностики используются:

- проверка отчетов по лабораторным работам;
- **контрольная работа**

- доклад;
- реферат.

Отметка за ответы на лекциях (опрос) и выполнение отчетов по лабораторным работам включает в себя полноту ответа, наличие аргументов, примеров из практики. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины.

Контрольная работа выполняется по темам 1.1-1.3, 2.1-2.3. Перечень вопросов и заданий для подготовки к контрольной работе преподаватель заранее доводит до сведения студентов или размещает на образовательном портале факультета в Moodle.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Основы робототехники. Механика роботов и манипуляторов» учебным планом предусмотрен **экзамен**.

Для студентов, пропустивших контрольные мероприятия или получивших неудовлетворительную отметку, решение о повторном проведении контрольного мероприятия выносится в соответствии с положением о рейтинговой системе оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине в Белорусском государственном университете.

Для формирования итоговой отметки по учебной дисциплине используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов для текущей и промежуточной аттестации студентов по учебной дисциплине.

Формирование итоговой отметки в ходе проведения контрольных мероприятий текущей аттестации (примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации):

- отчеты по лабораторным работам – 50 %;
- контрольная работа – 50%.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе итоговой отметки текущей аттестации (рейтинговой системы оценки знаний) 40 % и экзаменационной отметки 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 1.3. Сенсорные устройства роботов. (2 ч)

Описать сенсорные устройства захвата робота. Пояснить принципы работы тактильных сенсорных устройств, датчиков давления и скольжения. Привести примеры использования технического зрения в робототехнических устройствах.

Форма контроля - реферат.

Тема 2.5. Алгоритм аналитического метода решения обратной задачи кинематики. (2 ч)

Представить алгоритм аналитического решения обратной задачи кинематики для заданного манипулятора. Привести соотношения, которые позволяют преобразовать операционные координаты данного манипулятора в его обобщенные координаты.

Форма контроля - доклад.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется **практико-ориентированный подход**, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- использование процедур, способов оценивания, фиксирующих формирование профессиональных компетенций.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении дисциплины организация самостоятельной работы студентов должна представлять единство трех взаимосвязанных форм:

- 1) внеаудиторная самостоятельная работа;
- 2) аудиторная самостоятельная работа, которая осуществляется под непосредственным руководством преподавателя;
- 3) творческая, в том числе научно-исследовательская работа.

На лабораторных занятиях по дисциплине «Основы робототехники. Механика роботов и манипуляторов» рекомендуется применять вариативные индивидуальные, в том числе исследовательские, задания для студентов для приобретения навыков самостоятельного решения практических задач.

В силу различного уровня готовности студентов к восприятию новых понятий на лабораторных занятиях по дисциплине рекомендуется проводить регулярные самостоятельные работы и при необходимости проводить дополнительные консультации для объяснения и закрепления сложного материала.

Условия для самостоятельной работы студентов, в частности, для развития навыков самоконтроля, способствующих интенсификации учебного процесса, обеспечиваются наличием и полной доступностью электронных (и бумажных) вариантов курсов лекций, учебно-методических пособий и сборников задач по основным разделам дисциплины.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Предыстория развития робототехники. Возникновение и развитие современной робототехники. Робототехника и ее место в системе технических наук.
2. Основные функции робота. Функциональные возможности, необходимые роботу для выполнения простых операций.
3. Многозвенные манипуляторы. Манипуляторы с силовым управлением.
4. Мобильность. Современные мобильные роботы. Шагающие роботы.
5. Классификация сенсоров. Сенсорные устройства захвата робота.
6. Тактильные сенсорные устройства, датчики давления и скольжения.
7. Техническое зрение. Акустическое восприятие. Ультразвуковые датчики.
8. Средства передвижения роботов.
9. Приводы роботов (пневматический, гидравлический, электрический, комбинированный).
10. Блоки питания роботов.
11. Информационные системы роботов.
12. Системы управления роботов.
13. Особенности применения современных роботов в различных отраслях и видах деятельности.
14. Промышленный робот РМ-01.
15. Типы кинематических пар. Основные структурные характеристики кинематических цепей.
16. Формула Родриго.
17. Проективное пространство PR^3 .
18. Обобщенные и операционные координаты манипулятора. Постановка прямой и обратной задач кинематики манипулятора.
19. Выбор систем координат, связанных со звеньями манипулятора. Параметры Денави-Хартенберга.
20. Решение прямой задачи кинематики манипулятора.
21. Алгоритмы аналитического решения обратной задачи кинематики.
22. Скорости и ускорения рабочего органа манипулятора и произвольных точек его звеньев.
23. Угловые скорости и ускорения звеньев манипулятора.
24. Алгоритмы построения матрицы Якоби.
25. Приближенные методы решения обратной задачи.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Учебная дисциплина не требует согласования			

Заведующий кафедрой

26.04.2024

М.А. Журавков

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 202_ г.)
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

(ученая степень, ученое звание)

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(ученая степень, ученое звание)

(И.О.Фамилия)