

Отзыв

на выпускную квалификационную работу
«Прикладные аспекты математической подготовки при проектировании и
программировании робота-манипулятора»
Лякман Татьяны Владимировны студентки 5 курса
института математики, физики, информатики
Красноярского государственного педагогического университета
им. В.П. Астафьева

Актуальность исследования Лякман Т.В. обусловлена необходимостью использования математических знаний при проектировании и программировании робототехнических систем и практическим отсутствием математической поддержки занятий по робототехнике.

В своей работе Лякман Т.В. показала, что разделов математики, изучаемых в средней школе практически достаточно для грамотного проектирования получивших наибольшее распространение в современном мире роботов-манипуляторов. А некоторые понятия и методы, которые не входят в школьную программу, без труда могут быть освоены старшеклассниками на внеурочных занятиях по робототехнике.

В работе содержательно представлена теоретическая часть, в которой излагаются подходы к моделированию роботов-манипуляторов, а также приводится математический аппарат, позволяющий рассчитать их кинематические и динамические характеристики. Уделено внимание методическим аспектам прикладной математической подготовки.

В первой главе исследования Лякман Т.В. проводит анализ существующих роботов-манипуляторов, средств и методов их математического моделирования, а также особенностей математической подготовки школьников.

Во второй главе приводятся уравнения для расчета характеристик двухступенного манипулятора и методические рекомендации для учащихся и педагогов по совершенствованию их математической подготовки.

Практическая значимость, полученных в ходе выполнения работы результатов, заключается в создании Лякман Т.В. целостной системы для организации прикладной математической подготовки старшеклассников на занятиях по робототехнике. Работа соответствует требованиям к дипломным работам по технологии с педагогикой, может быть представлена к защите и заслуживает оценки «отлично».

Научный руководитель
к.т.н., доцент кафедры ТиП



Шадрин И.В.

СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа
на наличие заимствований

Проверка выполнена в системе
Антиплагиат.ВУЗ

Автор работы	Лякман Т.В.
Факультет, кафедра, номер группы	ИМФИ
Тип работы	: Дипломная работа
Название работы	Лякман Т.В Прикладные аспекты математической подготовки при проектировании и программировании робота-манипулятора
Название файла	Лякман Т.В Прикладные аспекты математической подготовки при проектировании и программировании робота-манипулятора.pdf
Процент заимствования	37,42%
Процент цитирования	0,55%
Процент оригинальности	62,03%
Дата проверки	08:50:17 15 июня 2018г.
Модули поиска	Сводная коллекция ЭБС; Цитирование; Модуль поиска Интернет; Модуль поиска "КГПУ им. В.П. Астафьева"; Модуль поиска перефразирований Интернет; Модуль поиска общеупотребительных выражений; Кольцо вузов

Работу проверил
Фортова Алена
ФИО проверяющего

Дата подписи

15.06.18. Шафрин И.В.



Чтобы убедиться
в подлинности справки,
используйте QR-код, который
содержит ссылку на отчет.



Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.
Предоставленная информация не подлежит использованию
в коммерческих целях.

Согласие
на размещение текста выпускной квалификационной работы
обучающегося в ЭБС КГПУ им. В.П. Астафьева

Я. Лякин Татьяна Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

разрешаю КГПУ им. В.П. Астафьева безвозмездно воспроизводить и размещать (доводить до всеобщего сведения) в полном объеме и по частям написанную мною в рамках выполнения основной профессиональной образовательной программы выпускную квалификационную работу бакалавра / специалиста / магистра / аспиранта
(нужное подчеркнуть)

на тему: Прикладные аспекты математической подготовки
при проектировании и программировании робота-манипулятора
(название работы)

(далее - ВКР) в сети Интернет в ЭБС КГПУ им. В.П. Астафьева, расположенном по адресу <http://elib.kspu.ru>, таким образом, чтобы любое лицо могло получить доступ к ВКР из любого места и в любое время по собственному выбору, в течение всего срока действия исключительного права на ВКР.

Я подтверждаю, что ВКР написана мною лично, в соответствии с правилами академической этики и не нарушает интеллектуальных прав иных лиц.

04.06.2018
дата

Лякин
подпись

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. В.П. АСТАФЬЕВА»**
(КГПУ им. В.П. Астафьева)

Институт математики, физики и информатики

Выпускающая кафедра технологии и предпринимательства

Лякман Татьяна Владимировна

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема «Прикладные аспекты математической подготовки при проектировании
и программировании робота-манипулятора»

Направление подготовки 44.03.01. Педагогическое образование
Направленность (профиль) образовательной программы Технология



ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ
и.о. зав. кафедрой технологии и предпринимательства
к.т.н., доцент С.В. Бортновский
«15» июня 2018 г.

Научный руководитель
к.т.н., доцент кафедры
технологии и предпринимательства
И.В. Шадрин
«15» июня 2018 г.

Обучающийся Лякман Т.В.
«18» июня 2018 г.
Оценка хорошо

Красноярск 2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. В.П. АСТАФЬЕВА»**
(КГПУ им. В.П. Астафьева)

Институт математики, физики и информатики

Выпускающая кафедра технологии и предпринимательства

Лякман Татьяна Владимировна
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема «Прикладные аспекты математической подготовки при проектировании
и программировании робота-манипулятора»

Направление подготовки 44.03.01. Педагогическое образование
Направленность (профиль) образовательной программы Технология

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ
и.о. зав. кафедрой технологии и
предпринимательства
к.т.н., доцент С.В. Бортниковский
« ___ » июня 2018 г.

Научный руководитель
к.т.н., доцент кафедры
технологии и предпринимательства
И.В. Шадрин
« ___ » июня 2018 г.

Обучающийся Лякман Т.В
« ___ » июня 2018 г.
Оценка _____

Красноярск 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ:

ВВЕДЕНИЕ	7
Глава I. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РОБОТОВ- МАНИПУЛЯТОРОВ В РАМКАХ ШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ	9
1.1 Роботы-манипуляторы на службе человека	9
1.2 Системы управления манипулятором.....	16
1.3 Способы моделирования манипуляторов.....	20
1.4 Математическая подготовка в рамках уроках технологии.....	21
Глава II. ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА НА УРОКАХ	27
2.1 Особенности кинематики и динамики манипулятора.....	27
2.2 Методические рекомендации для учащихся и педагогов по совершенствованию их математической подготовки	35
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	41
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	42

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в различных областях промышленности применяются манипуляционные роботы, используемые для выполнения широкого спектра технологических задач. Основным типом манипуляционных систем роботов являются механические манипуляторы. Они представляют собой сложный электромеханический объект, обладающий рядом особенностей.

Во-первых, манипуляционные роботы отличаются сложной кинематической структурой, содержащей множество независимых либо взаимосвязанных звеньев.

Во-вторых, изменение положения последних в пространстве оказывает влияние на физические силы, действующие на манипулятор.

В-третьих, существует необходимость синхронного управления большим числом двигателей.

В связи с наличием указанных особенностей, для внедрения роботов в производственный процесс требуется специально разрабатываемые системы управления. Они служат для организации взаимодействия между человеком и манипуляторным роботом, и обеспечивают выполнение процессов, необходимых для автоматизации технологической операции.

В современной промышленности робототехника нашла широкое применение как эффективное средство автоматизации производства, замены человеческого труда в трудных или опасных условиях. Промышленные роботы используются для решения массы самых разнообразных производственных и технологических задач. Данные задачи всегда предъявляют к промышленным роботам строгие требования по ряду критериев: по точности измерений положения, по точности позиционирования, по количеству степеней свободы и подвижности звеньев.

В связи с этим, разработка как самого манипулятора промышленного

робота, так и программ управления им представляет сложную задачу, предполагающую многоэтапное решение.

Актуальность представленной работы определяется противоречием между необходимостью осознанного использования математических знаний при проектировании и программировании робототехнических средств и практическим отсутствием методического обеспечения для математической поддержки занятий по робототехнике в школе.

Объектом исследования является учебная деятельность обучающихся в рамках занятий по робототехнике.

Предмет исследования - возможность использования математических идей и методов при проектировании и программировании робота-манипулятора.

Целью работы является определение круга математических идей и методов, которые бы позволили проводить расчет параметров и исследование динамики движения двухстепенного робота манипулятора.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих **задач**:

- Провести классификацию роботов-манипуляторов и их область применения.
- Исследовать особенности конструирования манипуляторов и управление ими.
- Рассмотреть математическую модель робота-манипулятора.
- Обосновать возможность проведения требуемых расчетов на базе математической подготовки старшеклассников.
- Сформулировать методические рекомендации учащимся старших классов по совершенствованию математической подготовки.

Глава I. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ В РАМКАХ ШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

1.1 Роботы-манипуляторы на службе человека

Робот-манипулятор- это механическая система с манипуляционными устройствами, системой управления, комплексом чувствительных элементов и средствами передвижения в пространстве.

Манипулятор предназначен для замены человека при выполнении различных операций в производственных процессах. Выполнение операций с объектами манипулирования в большинстве случаев манипуляторы представляют собой движение рук человека. Следовательно структурная схема манипулятора должна обладать кинематическими характеристиками, аналогичными характеристикам движения руки человека. [5]

Робот-манипулятор должен иметь три степени мобильности, необходимые для перемещения инструмента в любую точку зоны обслуживания. Каждый уровень подвижности манипуляционного робота управляется индивидуальным приводом, в результате чего исполнительный орган получает направленное вполне определенное движение. В современных роботах используют электромеханические, гидравлические, пневматические или комбинированные приводы.

Существует большое количество роботов, реализующие региональные движения, но наиболее распространенными в промышленности являются пять следующих типов манипуляторов:

Цилиндрический тип представляет собой манипулятор, работающий в цилиндрической системе координат. Его схват может выдвигаться и втягиваться, а также перемещаться вверх и вниз вдоль стойки. А также, весь узел манипулятора может поворачиваться вокруг оси основания, но не на полный оборот, что разрешает ему выполнять операции в окружающей

цилиндрической зоне.

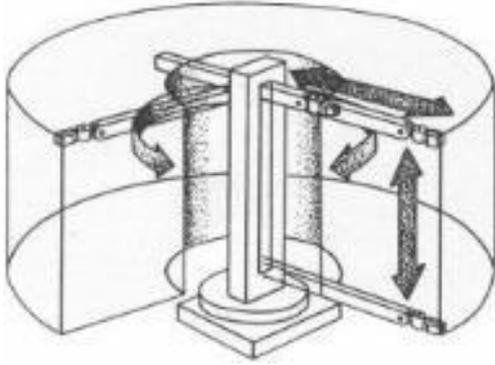


Рис. 1. Манипулятор цилиндрического типа

Декартовый тип - это манипулятор, который работает в декартовой системе координат, он прост в управлении, но отличается высокой точностью действий. Схват манипулятора поступательно передвигается вдоль трех основных осей: x , y и z .

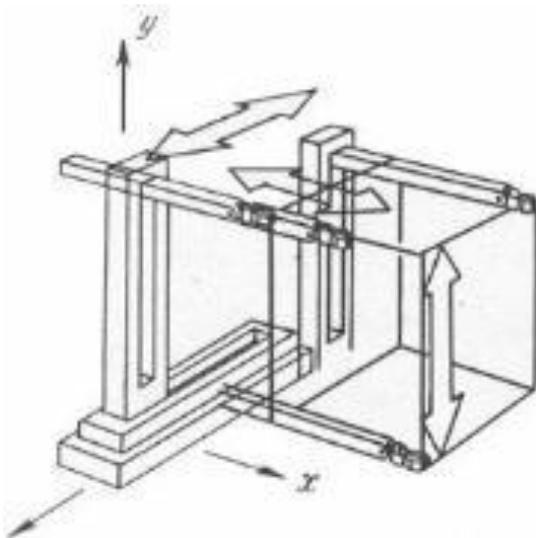


Рис. 2. Манипулятор декартового типа

Ангулярный тип, представляет собой шарнирный манипулятор, который действует в ангулярной системе координат, этот робот не имеет поступательных кинематических пар, а имеет только вращательные. Манипулятор такого типа очень напоминает руку человека, так как он имеет «плечевое» и «локтевое» сочленения, а также и «запястье». Его рабочая зона

обслуживания значительно больше, чем у роботов других типов, например декартовый или сферический. Он способен обходить препятствия гораздо более разнообразными путями, даже может складываться, но вместе с тем он исключительно сложен в управлении и проектировании.

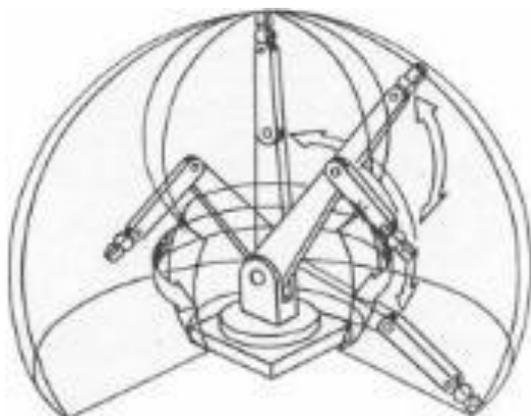


Рис. 3. Манипулятор ангулярного типа

Сферический тип - это манипулятор, который действует в сферической системе координат. Его хват может как выезжать, так втягиваться. Вертикальные перемещения робота, достигаются путем поворота его в вертикальной плоскости в «плечевом» суставе. Весь узел манипулятора может также поворачиваться вокруг оси основания. Зона действия подобного манипулятора представляет усеченную сферу. Первые модели промышленных роботов были сконструированы именно по такому принципу работы.

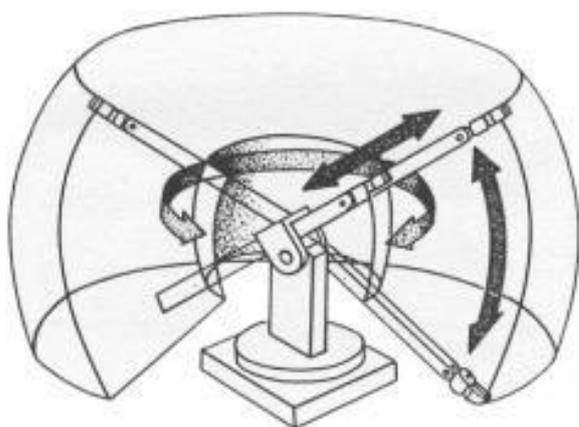


Рис. 4. Манипулятор сферического типа

Тип SCARA. Своеобразную схему имеет манипулятор системы SCARA, представляющий собой вариант манипулятора с цилиндрической системой координат. Все кинематические пары этого манипулятора располагаются в горизонтальной плоскости, благодаря этому механизм способен разворачиваться подобно складной ширме. Его зона обслуживания имеет цилиндрическую форму. [1]

В данное время наиболее востребованными роботами считаются еще двух типов манипуляторы. Первый из них, «Spine», спроектирован специалистами фирмы «Спайн роботикс». В нем применяется длинный хоботоподобный манипулятор, который состоит из множества дисков, которые соединены между собой двумя парами тросов, обеспечивающих натяжение. Данные тросы соединены с поршнями гидравлических цилиндров, которые создают натяжение, вызывают перемещение манипулятора. Специальные датчики робота передают на систему управления информацию о положении манипулятора и его кисти. Такой манипулятор отличается чрезмерно большой гибкостью, а также значительным радиусом действия и высокой маневренностью. [7]

В данной работе будет рассматриваться манипулятор ангулярного типа потому что вращательные кинематические пары наиболее просты в конструкции и легко реализуемы, а также такая конструкция имеет довольно обширную рабочую зону и своей гибкостью позволяет обходить некоторые препятствия. Хотя реализация системы управления для такой конструкции будет вызывать некоторые трудности, потому что для передвижения рабочего органа манипулятора по декартовым координатам требуется управлять углами поворотов звеньев робота, причём отклонения поворота каждого звена от нужного значения вносят суммирующее воздействие на

погрешность положения рабочего органа.

По способу перемещения роботы-манипуляторы делятся на колесные, гусеничные, шагающие, летающие, ползающие, плавающие.

Наиболее распространёнными роботами являются колёсные и гусеничные роботы. Роботы, имеющие другое число колёс — два или одно. Такого рода решения позволяют упростить конструкцию робота, а также придать роботу возможность работать в более узких пространствах, где четырёхколёсная конструкция будет достаточно широкой и неудобной. Одноколёсные роботы во многом представляют собой развитие идей, связанных с двухколёсными роботами. Для передвижения в пространстве в качестве единственного колеса может использоваться шар, приводимый во вращение несколькими приводами. Ещё большее сцепление обеспечивают гусеницы. Например, многие современные боевые роботы, а также роботы, предназначенные для перемещения по грубым поверхностям, разрабатываются как гусеничные. [14]

Перемещение шагающего робота с использованием «ног» представляет собой сложную задачу динамики. Уже создано некоторое количество таких роботов, но они пока не могут достичь такого же устойчивого движения, какое присуще человеку. Роботы, использующие две ноги, как правило, хорошо перемещаются по полу, а некоторые конструкции могут перемещаться по лестнице. Также создано множество механизмов, перемещающихся на более чем двух конечностях, это например робот-собака, робот-мул ил робот-таракан. Такие конструкции легче в проектировании.

Существует ряд разработок ползающих роботов, перемещающихся подобно змеям или червям. Предполагается, что подобный способ перемещения может придать им возможность перемещаться в узких пространствах. Их, например, можно использовать для поиска людей под обломками рухнувших зданий.

Так же есть разработки плавающих роботов. Они передвигаются в воде подобно рыбам или медузам. Эти аппарат, достаточно бесшумны и манёвренны. [19]

Роботы, задействованные в производстве на промышленных объектах, чаще всего передвигаются вдоль монорельсов, по напольной колее и т. д. Если есть необходимость перемещения по наклонным или вертикальным плоскостям то в промышленных роботах используются «шагающие» механизмы с вакуумными присосками.

По типу управления робототехнические системы подразделяются на биотехнические, автоматические и интерактивные.

1. Биотехнические:

- командные.
- копирующие, повторяющие движения человека.
- полуавтоматические.

2. Автоматические:

- программные. Это самая простейшая и самая распространенная разновидность роботов. В таких роботах отсутствует сенсорная часть, а все действия выполняются циклически по жёсткой программе, заложенной в память запоминающего устройства.
- адаптивные роботы решают типовые задачи, но адаптируются под условия функционирования. Они оснащённые сенсорной частью и снабжённые набором программ.
- интеллектуальные роботы – наиболее развитые автоматические системы. Это роботы с элементами искусственного интеллекта.

3. Интерактивные:

- автоматизированные роботы. При управлении таким видом возможно чередование автоматических и биотехнических режимов.

- супервизорные. Роботы, выполняют автоматически все этапы заданного цикла операций, но осуществляют переход от одного этапа к другому по команде человека-оператора.

- диалоговые. [11]

Внешний вид и конструкция современных роботов могут быть весьма разнообразными. Как уже было отмечено выше, в промышленном производстве широко применяются различные роботы, внешний вид которых (по причинам технического и экономического характера) далёк от «человеческого». Также роботами называют и некоторые программы – боты или поисковые системы.

В зависимости от функционального назначения, выделяют следующие типы роботов:

- Аптечный робот. Используется для автоматизации работы аптек немецкие инженеры разработали робота, позволяющего экономить время на поиск лекарства. В 1996 году был представлен первый в мире робот-фармацевт для автоматизации выдачи наиболее востребованных медикаментов в аптеке.

- Промышленный робот. Предназначен для выполнения различных технологических операций в производственном процессе. Такие роботы способны выполнять производственные операции по 24 ч в сутки. и способны заменить человека на опасных производствах, т.к. не подвержены воздействию газов и выбросу опасных химических веществ. При неизменном уровне качества работы такие механизмы позволяют увеличить производительность труда в целом.

- Транспортный робот. Относится к промышленным роботам. Используется для погрузо-разгрузочных работ.

- Подводный робот. Существуют как российские, так и зарубежные разработки роботизированных подводных аппаратов, которые способны работать на различной глубине. Например, мобильный комплекс «Пантера Плюс» используется для прокладки кабеля по дну, обезвреживания мин и

помощи в спасении затонувшей подлодки. Он оборудован дисковой пилой для обреза тросов, тросорезом для перекусывания стальных проводов. Установленные на нем сонары и сенсоры найдут иголку в толще ила. Мощные прожекторы позволяют работать в полной темноте, а сверхчувствительные камеры передают на поверхность видео отличного качества. [10]

1.2 Системы управления манипулятором

Система управления манипулятора, как правило, имеет несколько уровней, каждый из которых может обслуживаться собственной микропроцессорной системой. Так, на уровне привода обеспечивается управление двигателем, осуществляющим движение одной или нескольких степеней подвижности. На следующем уровне системы управления работа с помощью центрального процессора организуется координированная работа приводов манипулятора. При этом информацией является траектория, последовательность положений схвата манипулятора или связанного с ним объекта (инструмента, нагрузки).

Траекторию схвата манипулятора можно задать двумя способами: путем непосредственного ее поручения человеком в процессе обучения или с помощью разработки движения на более высоком уровне управления, в том числе с использованием методов искусственного интеллекта. [7]

Существуют методы обучения в процессе функционирования робота и вне. Примером первого случая является окрасочный робот, обучаемый с помощью «пилота» – второго манипулятора, имеющего такую же кинематическую схему, но облегченного и лишённого двигателей, которые заменены системой статической разгрузки. Во втором случае движение робота моделируется на экране дисплея в трехмерном пространстве с учетом имеющихся ограничений в рабочей зоне. Человек придумывает требуемое движение на экране, после чего оно записывается в память устройства и

используется эти данные для расчета программы каждого из составляющих.

На уровне планирования движений предполагаются известными цель движения и описание рабочей сцены. Устройство управления, решающее задачи этого уровня, должно спланировать движение таким образом, чтобы из заданного начального положения обеспечить достижение цели манипулятором и выполнить дополнительные условия, налагаемые на его перемещение. [3]

Различают три основных вида управления промышленных манипуляторов: цикловое, позиционное, контурное.

Цикловое управление роботом-манипулятором программирует:

- последовательность выполнения движений и условия начала, и окончания движений;
- положения, по которой идет движение, задаются на самом манипуляторе, а не в программе;
- скорость перемещения определяется характеристиками привода и также не задается в программе.

Позиционное управление манипулятора подается так, что перемещение рабочего тела происходит от точки к точке, причем положения точек задаются специальной программой. Скорость перемещения между этими точками не контролируется и не реализуется. [2]

Контурное управление работа - это движение рабочего тела, которое происходит по заданной траектории с задаваемой скоростью. В программе задаются сами траектории движения и ее режимы. Контурное управление манипулятора применяется значительно в технологических работах.

В настоящее время в системах управления траекторию задают в процессе выполнения операции. Полуавтоматической системой называю систему в которой человек программирует только движение схвата, не беспокоясь о движении приводов манипулятора, управление которыми рассчитывает само управляющее устройство. Полуавтоматические системы

широко используются при управлении роботами-манипуляторами в экстремальных условиях, когда человек находится на расстоянии и задает сигналы управления, либо наблюдая процесс непосредственно, либо с помощью телевизионного монитора. Полуавтоматические системы можно использовать и для обучения промышленных роботов в режиме on-line беседы. [4]

По мнению научных движение роботов-манипуляторов нельзя запрограммировать заранее, так как необходимо знать точный список деталей для сборки робота-манипулятора. Примером может служить операция сборки. При неточной подаче деталей операция, осуществляемая по жесткой программе, не будет выполнена. Кроме того, детали могут быть бракованными или неточно установленными на сборочном столе, а также определить, в каком месте фактически находится деталь и выполнены ли необходимые для сборки условия, можно с помощью системы технического зрения. Под этим понятием понимают совокупность датчиков визуальной информации. В свою очередь средства обработки сигналов подразделяют на аппаратные и программные.

К задачам обработки сигналов относятся, например, выделение контура предмета, анализ связности последнего, вычисление центра масс, распознавание предмета по характерным признакам. Сигналы системы технического зрения применяют для коррекции траектории движения робота или для ее вычисления. Таким образом, возникает еще один контур управления, внешний по отношению к манипулятору. Этот контур системы управления роботом обеспечивает приспособление робота к изменяющимся условиям работы. Такую систему управления можно отнести к уровню адаптивного управления. [14]

Устройства и другие блоки системы управления при цикловом, позиционном и контурном управлениях могут быть осуществлены на одинаковых или разных принципах и элементных базах. В данном виде

обычно выделяется адаптивное управление, при котором осуществляется автоматическое трансформация управляющих программ. В частности адаптация или приспособленность системы управления может заключаться в том, что устройства системы управления с помощью специальных датчиков определяют конфигурацию объекта и его положения.

Все основные роботы-манипуляторы образуют систему управления. Объектом управления является исполнительное устройство (манипулятор плюс устройство передвижения, если оно есть). В исполнительное устройство также входят приводы. Все остальное оборудование робота предназначено для формирования и выдачи управляющих воздействий исполнительному устройству. Таким образом, устройство управления получает сигналы от датчиков и выдает сигналы на манипулятор. [19]

Для управления пульта ручного управления главным является связь с устройством управления, при котором могут осуществляться ввод программы и их настройки. На пульт управления зачисляются сигналы о выполнении различных движений, а также о возможных нарушениях режимов работы и об отказах. Следует выделить, что в устройство управления обычно поступают сигналы от внешних (по отношению к роботу) датчиков и систем (например, от систем управления обслуживаемым оборудованием).

Устройство управления роботом также возможно связано с электронно-вычислительными машинами, координирующей работу нескольких единиц оборудования, например всего оборудования технологического участка или линии. В этих случаях эта вычислительная машина, как бы находится на более высоком этаже, на следующем уровне управления. Следовательно, такая многоуровневая система управления характерна для современных гибких производственных систем. [6]

Все вычисления устройства робота-манипулятора будут выполняться на компьютере, микроконтроллер будет следить за поворотами

сервоприводов робота, и через программу в компьютере можно будет управлять манипулятором вручную, поворачивать звенья манипулятора или передвигать рабочую точку робота по декартовым осям координат. В результате этого будет работать режим программирования, где рабочая точка робота будет перемещаться от положения к положению, и будет реализоваться позиционная система управления.

1.3 Способы моделирования манипуляторов

Моделирование робота-манипулятора играет главную роль в области робототехники, потому что оно позволяет проводить эксперименты, которые в любом случае были бы дорогими или требовали больших затрат времени [10].

С помощью компьютерной модели робота-манипулятора можно определить диапазон углов поворотов звеньев и рабочую зону робота с учётом ограничений его конструкции, а также определить различные возникающие моменты и силы в узлах конструкции. Разработка модели робота играет ключевую роль при его проектировании.

Выделяются различные способы к разработке динамической модели манипулятора. Есть математическая и компьютерная динамическая модель.

Математическая динамическая модель робота может быть построена на основе известных законов ученых Ньютона-Эйлера или Лагранжевой механики. Выводом применения данных законов являются уравнения, связывающие действующие в сочетании силы и моменты с кинематическими характеристиками и параметрами движения звеньев. Уравнения динамики движения реального робота-манипулятора могут быть получены традиционными методами Лагранжа-Эйлера или Ньютона-Эйлера. [16]

Результат уравнений динамики движения манипулятора методом Лагранжа-Эйлера отличается простотой и единством подхода и основан на следующем:

- описание взаимного расположения систем координат i -го и $(i-1)$ - го звеньев с помощью матрицы преобразования однородных координат.

- на использовании уравнения динамики ученого Лагранжа-Эйлера.

Обобщённые координаты представляют собой комплект координат, обеспечивающий, полное описание положения рассматриваемой физической системы в абсолютной системе координат.

Имеются различные системы обобщенных координат, пригодные для описания простого робота-манипулятора с вращательными и поступательными сочленениями. Следовательно, углы поворотов в сочленениях непосредственно доступны измерению с помощью потенциометров или других датчиков, то они составляют наиболее естественную систему обобщенных координат. [4]

С целью получения более результативных с вычислительной точки зрения алгоритмов расчета обобщенных сил и моментов применяют уравнения ученого Ньютона-Эйлера. Результат Ньютона-Эйлера прост по содержанию, но весьма трудоёмок по решению. Следствием является система прямых и обратных уравнений, последовательно применяемых к звеньям робота-манипулятора.

Уравнения Лагранжа-Эйлера обладают наиболее низкой вычислительной эффективностью, это предначертано тем, что для описания кинематической цепи используются матрицы преобразования однородных координат. Уравнения Ньютона-Эйлера предполагают большей вычислительной эффективностью, что связано с их векториальным представлением и их рекуррентной природой. [19]

1.4 Математическая подготовка в рамках уроках технологии

На сегодняшний день интенсивное изучение математики в научное естествознание и производство вызывает необходимость более

обстоятельного ознакомления учащихся, начиная с начальных классов, с ее основными прикладными направлениями.

Можно предполагать, что благодаря специфичности математики осуществление для нее межпредметных связей, например с технологией, является фактически одним из требований принципа связи обучения с жизнью, с практикой.

Отличительной особенностью математики является то, что, изучая объективную реальность, она абстрагируется от конкретного содержания изучаемых явлений и предметов. В этом большие возможности установления многосторонних связей математики с другими учебными предметами.

В основу таких связей могут быть положены общие факты:

- представления о числе, величине, форме;
- различные умения и навыки;
- виды деятельности;
- методы и организационные формы обучения.

К примеру, на уроках математики на основе анализа существенных признаков (геометрической формы) и варьирования несущественными признаками (положением на плоскости, цветом, материалом и т.д.) у учащихся формируются общие представления о прямоугольнике (квадрате) и других фигурах. [12]

Большие вероятности для применения, закрепления и обогащения знаний о форме имеют уроки технологии. Работая с различными материалами (бумагой, картоном, тканью, глиной, пластилином) ученики повторяют форму: многократно обводят, строят и вырезают треугольники, круги, прямоугольники, квадраты, учатся по чертежу определять форму фигуры. Особенно важными для познания формы на уроках технологии являются лепка и моделирование геометрических фигур, дополняющие зрительное восприятие формы осязанием.

Предметом специального изучения на уроках математики являются некоторые признаки геометрических фигур. При этом изучение геометрических фигур целесообразно проводить так, чтобы дети могли наблюдать за ними, включать в практику измерения этих фигур и построения на уроках математики, вырезать и воспроизводить форму при изготовлении различных изделий (в частности, средств наглядности для уроков математики) на уроках технологии.

Приведенные примеры показывают, что взаимодействие знаний по математике и технологии позволяет ученикам находить единичное и общее, проводить анализ и синтез, вырабатывать конкретность и абстрактность мышления и тем самым обеспечивает формирование сознательных представлений учащихся о геометрической форме, геометрических фигурах, свойствах и отношениях фигур, умения применять знания в новых условиях [15].

Практическое осуществление связей математики с технологией может быть достигнуто различными методами, приемами и организационными формами. Раскроем некоторые методические приемы осуществления взаимосвязей математики и технологии.

Математика занимает в системе наук особое место. Изучает она, в конечном счете, природу, и это дает основание отнести ее к естественным наукам. Но в отличие от других наук о природе она пользуется не методами наблюдения и эксперимента, а дедуктивным методом, носящим чисто умозрительный характер, и это сближает ее с гуманитарными науками.

Математика с ее специфическим содержанием является средством развития теоретического мышления и тем самым обеспечивает полноту интеллектуального формирования личности ученика. Сущность развития личности ученика с помощью математики состоит в целенаправленном формировании у учащихся единства разных видов интеллектуальных умений

– специфико-математических и общеинтеллектуальных, реализуемых на математическом материале. [7]

Под качеством математического образования понимается не только уровень сформированности специально–научных знаний учащихся, но и развитие их личности, включая овладение базовыми компетенциями в процессе изучения математики, необходимыми для повседневной жизни и продолжения образования.

Использование при изучении математики знаний, умений и трудового опыта, приобретенных учащимися на уроках трудового обучения, служит хорошей почвой для изучения новой темы. Реализовать этот прием можно, используя сообщение учащихся, которое занимает 4-5 мин. Ученику необходимо рассказать о своем опыте применения математических знаний на уроках технологии. На одном уроке может быть заслушано сообщение нескольких учащихся о применении одних и тех же математических знаний в различных трудовых операциях.

Не менее важным приемом раскрытия прикладной роли математики является информация, инструкция учителя об использовании освоенных математических знаний, умений в различных заданиях по технологии.

Вполне эффективным приемом осуществления межпредметных связей математики и технологии является выполнение заданий и упражнений межпредметного характера. Математические задания и упражнения межпредметного содержания могут быть различного характера. Перечислим лишь некоторые из них:

- поручения и упражнения, предусматривающие предварительную подготовку учащихся к восприятию отдельных разделов трудового обучения;
- математические упражнения для закрепления знаний, приобретенных учениками на уроках трудового обучения;
- задания и упражнения перспективного характера во время занятия.

Разработка и решение таких заданий, и упражнений помогает осуществлять учащимся перенос математических представлений на новую область знаний. [10]

Вследствие этого, комплексное использование межпредметных связей позволяет систематизировать знания учащихся, способствует применению математических знаний в трудовом обучении, в жизни и на практике.

Создание модели подразумевает описание всех ее характеристик:

- геометрических размеров;
- физических свойств;
- способов соединения подвижных и неподвижных частей.

Только разнообразие, творческий характер и перспективность деятельности могут формировать устойчивые интересы. Когда учащиеся познают все новые и новые для него стороны деятельности, видят перспективы развития науки и возможности приложения ее к практике, когда его учение носит творческий характер, то его познавательные интересы расширяются и углубляются.

Предмет должен преподаваться в атмосфере дружелюбия и увлеченности. При создании условий для формирования познавательного интереса, при целенаправленной и регулярной деятельности педагога по его развитию у школьников действительно достигается более высокий уровень познавательного интереса, что ведет за собой качественный рост результатов.

Вывод по первой главе

Рассмотрев классификацию роботов и область их применения можно сделать вывод, что среди них наиболее востребованные роботы-манипуляторы, они применяются в различных отраслях промышленности. Среди видов роботов наиболее эффективный ангулярный тип робота - манипулятора, он напоминает руку человека, поскольку имеет "плечевое" и "локтевое" сочленения, а также "запястье".

Моделирование роботов играет главную роль в области робототехники, потому что с помощью моделирования роботов можно проводить эксперименты, с помощью компьютерной динамики робота можно определить диапазонов углов поворотов звеньев робота. Уравнения Лагранжа-Эйлера обладают низкой вычислительной эффективностью, так как для описания кинематической цепи используются матрицы преобразования однородных координат. Уравнения Ньютона-Эйлера обладают большей вычислительной эффективностью, что связано с их векториальным представлением и их рекуррентной природой.

Глава II. ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА НА УРОКАХ

2.1 Особенности кинематики и динамики манипулятора

Выполнение вычислений прямой задачи кинематики является важным первым шагом к использованию нового робота, своего рода знакомство с ним.

Прямая задача кинематики манипуляторов формулируется следующим образом: задана кинематическая схема манипулятора и в некоторый момент времени известны значения обобщенных координат, определяющие положение всех звеньев манипулятора относительно друг друга. [13]

Необходимо определить положение и ориентацию захвата последнего звена манипулятора в системе отсчета, связанной с основанием.

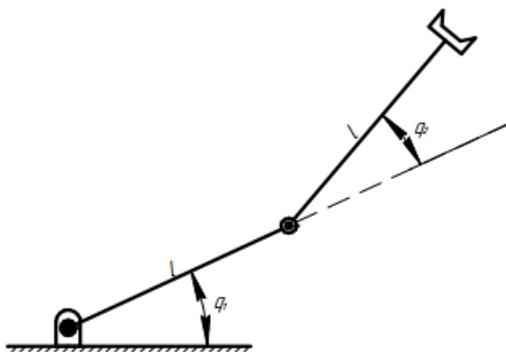


Рисунок 5 – Двухзвенный двухстепенной механизм

Исследуемый двухстепенной механизм (рисунок 5) – двухзвенный механический манипулятор с двумя вращательными парами.

Каждое звено робота представляет собой абсолютно жесткий однородный стержень длиной l . Механический манипулятор состоит из двух вращательных пар, первая пара l идет от основания и тоже располагается под углом q_1 к нему, вторая пара l крепится к концу первой пары и располагается под углом q_2 к нему. Схват механизма располагается на конце второй пары.

Отсюда следует, что у нас имеется система отсчета, связанная с началом координат в точке крепления плеча $O-1$ и система отсчета в точке крепления локтя. Для начала определим как смещается вторая система отсчета относительно первой, то есть координаты точки A в системе отсчета

O:

$$x_A=1*\cos(q_2); y_A=1*\sin(q_2);$$

Тогда координаты (x, y) в системе отсчета первого звена представлены формулой:

$$x''=1*\cos(q_2); y''=1*\sin(q_2);$$

Из рисунка 4 мы видим, что в системе отсчета O, второе звено повернуто относительно первого звена на (q_1+q_2) :

$x'=1*\cos(q_1+q_2); y'=1*\sin(q_1+q_2);$ таким образом получаем решение, представленное формулой:

$$x=x_A+ x'=1*\cos(q_1)+ 1*\cos(q_1+q_2);$$

$$y=y_A+ y'=1*\sin(q_1)+ 1*\sin(q_1+q_2);$$

Воспользуемся представлением ученых Денавита и Хартенберга для описания вращательных связей между звеньями. Денавит и Хартенберг предложили матричный метод последовательного построения систем координат, связанных с каждым звеном кинематической цепи. [13]

Смысл представления Денавита-Хартенберга состоит в формировании однородной матрицы преобразования, имеющей размерность 4x4 и описывающей положение системы координат каждого звена относительно системы координат предыдущего звена (верхняя левая подматрица 3x3 представляет собой матрицу поворота; верхняя правая подматрица размерностью 3x1 представляет собой вектор положения начала координат повернутой системы отсчета относительно абсолютной; нижняя левая подматрица размерностью 1x3 задает преобразование перспективы; четвертый диагональный элемент является глобальным масштабирующим множителем).

Это дает возможность последовательно преобразовывать координаты схвата манипулятора из системы отсчета, связанной с последним звеном, в базовую систему отсчета, являющуюся инерциальной системой координат для рассматриваемой динамической системы.

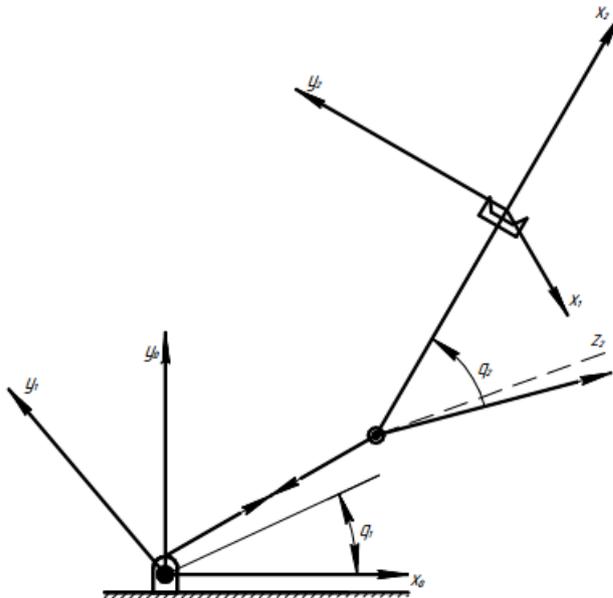


Рисунок 6 – Привязка систем отсчета двухзвенного манипулятора

Для рассматриваемого робота, представленного на рисунке 6, присоединенными переменными являются q_1 и q_2 ; параметры звеньев имеют значения $\alpha_1=\alpha_2=0$, $d_1=d_2=0$, $a_1=a_2=1$.

Запишем матрицы преобразования для каждого звена исследуемого манипулятора. Тогда для матрицы ${}^{i-1}_i T$ ($i=1,2$) имеем:

$${}^0_1 T = \begin{bmatrix} \cos(q_1) & \sin(q_1) & 0 & l * \cos(q_1) \\ -\sin(q_1) & \cos(q_1) & 0 & l * \sin(q_1) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad {}^1_2 T = \begin{bmatrix} \cos(q_2) & -\sin(q_2) & 0 & l * \cos(q_2) \\ \sin(q_2) & \cos(q_2) & 0 & l * \sin(q_2) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Теперь сформируем матрицу , перемножив перечисленные выше матрицы. ${}^1_2 T$

$${}^1_2 T = \begin{bmatrix} \cos(q_1) & \sin(q_1) & 0 & l * c_1 + l * c_{12} \\ -\sin(q_1) & \cos(q_1) & 0 & l * s_1 + l * s_{12} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

где $c_1=\cos(q_1)$, $s_1=\sin(q_1)$, $c_{12}=\cos(q_1+q_2)$, $s_{12}=\sin(q_1+q_2)$.

Уравнения, представленные формулой, описывают кинематику двухстепенного манипулятора. Уравнения позволяют рассчитать положение и ориентацию системы отсчета {2} относительно системы отсчета {0} робота – манипулятора.

Таким образом, результаты, полученные при решении прямой задачи кинематики геометрическим подходом и методом Денавита-Хартенберга, совпадают. Денавита-Хартенберга -представление чаще используют для манипуляторов с шестью и более степенями свободы. [18]

В отличие от прямой задачи кинематики обратная имеет значительно больше подходов к своему решению. Обратная задача кинематики состоит в вычислении параметров звеньев манипулятора, зная координаты схвата x и y .

Для решения обратной задачи кинематики воспользуемся кинематической схемой, представленной на рисунке 7.

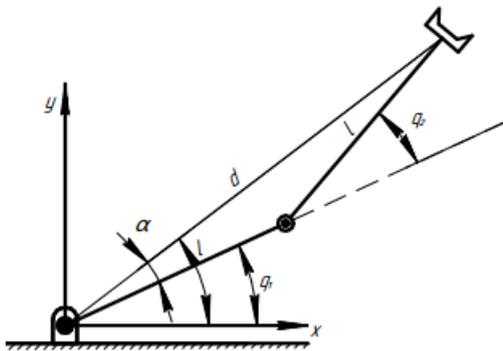


Рисунок 7 – Кинематическая схема двухстепенного механизма

Обратная задача кинематики позволяет по известным декартовым координатам (x,y) конца второго звена найти обобщенные координаты q_1 и q_2 .

Проведем дополнительные построения и введем дополнительный угол α , для которого из теоремы косинусов получаем:

$$d^2 = l_1^2 + (x^2 + y^2) - 2 * l_1 * \sqrt{x^2 + y^2} * \cos(\alpha)$$

Полученные выражения позволяют точно определить требуемое положение звеньев манипулятора исходя из его желаемых абсолютных координат и пространственной конфигурации. Первое уравнение позволяет

нам найти обобщенную координату q_1 по известным координатам (x, y) , а второе угол q_2 . Таким образом, они являются решением обратной задачи кинематики.

Важной особенностью обратной задачи кинематики является специфика вычислений тригонометрических функций. В результате выполненных вычислений возможно появление таких интервалов, в которых не будут находиться решения. Такое возможно при расчете функции арккосинуса. [19]

Следующая особенность связана с тем, что если имеется три и более звена, то задача будет иметь большое количество решений, исключая частные случаи. При управлении манипулятором необходимо выбирать то решение, которое окажется ближе к текущему положению звеньев. Универсального решения обратной задачи кинематики не имеется. Для различных кинематических схем робота должны быть разные подходы к решению, но в любом случае задача сводится к простому школьному курсу геометрии. При решении обратной задачи кинематики следует обратить внимание на нестабильность при вытянутых до предела звеньях. Дело в том, что углы положения шарниров находятся путем вычисления функции арккосинуса [12].

Аргументом арккосинуса в этом случае становится числа близкие к 1 и -1. Даже из-за небольших погрешностей в расчете под арккосинус может попасть число чуть большее 1 и чуть меньше -1. Но, как известно, арккосинуса от этих чисел не существует. Поэтому при решении необходимо ограничивать аргумент под арккосинусом в диапазоне от -0,999 до 0,999. Если аргумент выходит за этот интервал, то делаем его равным граничному значению интервала.

Сложность при создании динамической модели манипуляционного робота заключается в необходимости записи уравнений динамики движения манипулятора в форме, наиболее подходящей для ее дальнейшей реализации.

Для реализации динамической модели воспользуемся методами Ньютона-Эйлера и Лагранжа.

Каждое звено манипулятора мы анализируем как твердое тело. Если известны координаты центра масс и тензор инерции звена, значит распределение масс в этом звене полностью охарактеризовано. Для того, чтобы перемещать звенья манипулятора нам необходимо ускорять и замедлять их. [11]

Силы, генерирующие движения, являются функциями требуемого ускорения и распределения масс в звеньях. Уравнение Ньютона, а также его аналог для вращательного движения – уравнение Эйлера – связывают между собой силы, моменты инерции и ускорения.

Далее построим подобные выражения, описывающие динамику исследуемого двухзвенного манипулятора, представленного на рисунке 8.

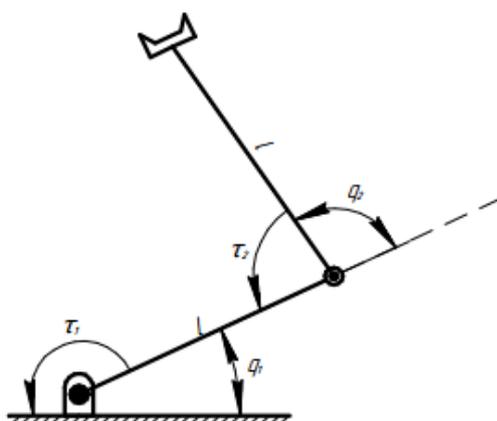


Рисунок 8 – Двухзвенный манипулятор, у которого на дальнем конце каждого звена находится точечная масса.

Предполагаем, что все массы являются точечными и находятся на дальних концах каждого звена.

Центры масс звеньев локализируются векторами:

$${}^1P_{C_1} = l\hat{X}_1, \quad {}^2P_{C_2} = l\hat{X}_2.$$

В силу допущения о точечных массах, тензор инерции, представленный

формулой, относительно центра каждого звена представляет собой нулевую матрицу:

$${}^c_1 I_1 = 0, {}^c_2 I_2 = 0.$$

На рабочий орган работа не действуют никакие силы. Уравнения равновесия сил и моментов, действующих со стороны соседнего звена, представлены уравнениями:

$$f_3=0, n_3=0.$$

Основание манипулятора неподвижно, поэтому включим в модель силы тяжести, положив:

$${}^0\dot{u}_0 = g\hat{Y}_0.$$

Выполним расчет для первого звена, представленный формулами (восходящие итерации):

$$\left\{ \begin{array}{l} {}^1w_1 = \dot{q}_1, {}^1z_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{q}_1 \end{bmatrix}, \quad {}^1\dot{w}_1 = \ddot{q}_1, {}^1\dot{z}_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \ddot{q}_1 \end{bmatrix}, \\ {}^1\dot{u}_1 = \begin{bmatrix} c_1 & s_1 & 0 \\ -s_1 & c_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ g \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g s_1 \\ g c_1 \\ 0 \end{bmatrix}, \\ {}^1\dot{u}_{c_1} = \begin{bmatrix} 0 \\ l\ddot{q}_1 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -l\dot{q}_1^2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} g s_1 \\ g c_1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -l\dot{q}_1^2 + g s_1 \\ l\ddot{q}_1 + g c_1 \\ 0 \end{bmatrix}, (2.28) \\ {}^1F_1 = \begin{bmatrix} -m_1 l \dot{q}_1^2 + m_1 g s_1 \\ m_1 l \ddot{q}_1 + m_1 g c_1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad {}^1N_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}. \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} {}^2w_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{q}_1 + \dot{q}_2 \end{bmatrix}, \quad {}^2\dot{w}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \ddot{q}_1 + \ddot{q}_2 \end{bmatrix}, \\ {}^2\dot{u}_2 = \begin{bmatrix} c_2 & s_2 & 0 \\ -s_2 & c_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -l\dot{q}_1 + g s_1 \\ l\ddot{q}_1 + g c_1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l(\dot{q}_1 s_2 - \dot{q}_1^2 c_2) + g s_{12} \\ l(\dot{q}_1 c_2 - \dot{q}_1^2 s_2) + g c_{12} \\ 0 \end{bmatrix}, \\ {}^2\dot{u}_{c_2} = \begin{bmatrix} 0 \\ l(\ddot{q}_1 + \ddot{q}_2) \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -l(\dot{q}_1 + \dot{q}_2)^2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} l\dot{q}_1 s_2 - l\dot{q}_1^2 c_2 + g s_1 \\ l\dot{q}_1 c_2 - l\dot{q}_1^2 s_2 + g c_1 \\ 0 \end{bmatrix}, (2.29) \\ {}^2F_2 = \begin{bmatrix} m_2 l \dot{q}_1 s_2 - m_2 l \dot{q}_1^2 c_2 + m_2 g s_{12} - m_2 l (\dot{q}_1 + \dot{q}_2)^2 \\ m_2 l \dot{q}_1 c_2 - m_2 l \dot{q}_1^2 s_2 + m_2 g c_{12} - m_2 l (\dot{q}_1 + \dot{q}_2)^2 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad {}^2N_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}. \\ {}^2f_2 = {}^2F_2, \\ {}^2n_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ m_2 l^2 c_2 \dot{q}_1 + m_2 l^2 s_2 \dot{q}_1^2 + m_2 l g c_{12} + m_2 l^2 (\ddot{q}_1 + \ddot{q}_2) \end{bmatrix}. \end{array} \right.$$

Теперь выполним расчет для первого звена, который представлен формулами:

$${}^1f_1 = \begin{bmatrix} c_2 & -s_2 & 0 \\ s_2 & c_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_2 l \ddot{q}_1 s_2 - m_2 l \dot{q}_1^2 c_2 + m_2 g s_{12} - m_2 l (\dot{q}_1 + \dot{q}_2)^2 \\ m_2 l \ddot{q}_1 c_2 - m_2 l \dot{q}_1^2 s_2 + m_2 g c_{12} - m_2 l (\ddot{q}_1 + \ddot{q}_2) \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -m_1 l \dot{q}_1^2 + m_1 g s_1 \\ m_1 l \ddot{q}_1 + m_1 g c_1 \\ 0 \end{bmatrix}, (2.30)$$

$${}^1n_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ m_2 l^2 c_2 \ddot{q}_1 + m_2 l^2 s_2 \dot{q}_1^2 + m_2 l g c_{12} + m_2 l^2 (\ddot{q}_1 + \ddot{q}_2) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ m_1 l^2 \ddot{q}_1 + m_1 l g c_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ m_2 l \ddot{q}_1 - m_2 l^2 s_2 (\dot{q}_1 + \dot{q}_2)^2 + m_2 l g s_2 s_{12} + m_2 l^2 c_2 (\ddot{q}_1 + \ddot{q}_2) + m_2 l g c_2 c_{12} \end{bmatrix} (2.31)$$

Выделяя из 1n_1 компоненты по оси , находим крутящие моменты в сочленениях, представленные формулами:

$$\left. \begin{aligned} \tau_1 = & m_2 l^2 (\ddot{q}_1 + \ddot{q}_2) + m_2 l^2 c_2 (2\ddot{q}_1 + \ddot{q}_2) + (m_1 + m_2) l^2 \ddot{q}_1 - m_2 l^2 s_2 \dot{q}_2^2 - 2m_2 l^2 s_2 \dot{q}_1 \dot{q}_2 + \\ & m_2 l g c_{12} + (m_1 + m_2) l g c_1, (2.32) \\ \tau_2 = & m_2 l^2 c_2 \ddot{q}_1 + m_2 l^2 s_2 \dot{q}_1^2 + m_2 g l c_{12} + m_2 l^2 (\ddot{q}_1 + \ddot{q}_2). \end{aligned} \right\}$$

Уравнения задают крутящие моменты в приводах как функции Обобщенных координат, скоростей и ускорений.

Метод Ньютона – Эйлера построен на основе элементарных динамических формул и анализе сил и моментов, действующих между звеньями. Теперь рассмотрим альтернативный метод – лагранжеву формулировку динамики манипулятора. [8]

Если метод Ньютона-Эйлера использует баланс сил, то метод Лагранжа – баланс энергии. Ясно, что для одного и того же манипулятора оба метода дают одинаковые уравнения движения.

На горизонтальной плоскости рассмотрим исследуемый двухзвенный манипулятор (рис.9) с двумя вращательными телами. Каждое звено манипулятора представляет собой абсолютно жесткий стержень длиной l .

Первое звено соединено с неподвижным основанием вращательной парой O , а со вторым звеном соединена вращательная пара A .

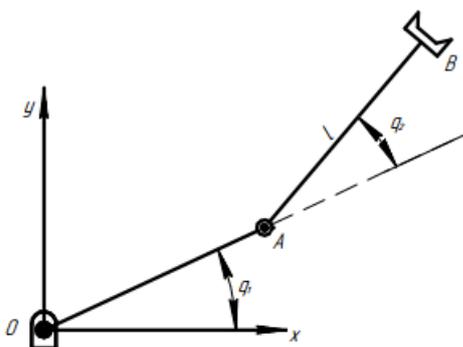


Рисунок 9 – Исследуемый двухзвенный манипулятор

Математическая модель манипулятора примет вид, представленный формулами.

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{q}_1 = q_3, \\ \dot{q}_2 = q_4, \\ \dot{q}_3 = \frac{bu_1 - bcq_4^2 \sin(q_1 - q_2) - cu_2 \cos(q_1 - q_2)}{ab - c^2 \cos^2(q_1 - q_2)} - \frac{1}{2} \frac{c^2 q_3 \sin(2(q_1 - q_2))}{2ab - c^2 \cos^2(q_1 - q_2)}, \\ \dot{q}_4 = \frac{au_2 + acq_3^2 \sin(q_1 - q_2) - cu_1 \cos(q_1 - q_2)}{ab - c^2 \cos^2(q_1 - q_2)} + \frac{1}{2} \frac{c^2 q_4 \sin(2(q_1 - q_2))}{2ab - c^2 \cos^2(q_1 - q_2)} \end{array} \right. \quad (2.44)$$

2.2 Методические рекомендации для учащихся и педагогов по совершенствованию их математической подготовки

Введение государственных стандартов общего образования предполагает разработку новых педагогических технологий. Важнейшей отличительной особенностью стандартов нового поколения является их ориентация на результаты образования, причем они рассматриваются на основе системно-деятельностного подхода.

Учебная деятельность выступает как внешнее условие развития у ребенка познавательных процессов. Это означает, что для развития ребенка необходимо организовать его деятельность. Значит, образовательная задача состоит в организации условий, провоцирующих детское действие.

Такую стратегию обучения можно реализовать, используя на уроках роботехнические конструкторы. [20]

Современные обучающиеся находятся в условиях технологического прогресса и уже не представляют себе жизнь без информационно-коммуникационных технологий.

Педагоги все чаще отдают предпочтение активным и интерактивным технологиям, которые позволяют разрабатывать и внедрять принципиально новые средства взаимодействия между учителем и учеником.

Робот представляет собой конструктор, который может помочь в образовательной деятельности:

- провести эксперименты,
- сделать математические открытия,
- вывести и понять происхождение формул,
- установить связи между предметами и их свойствами,
- найти закономерности,
- наглядно продемонстрировать как основные математические операции, так и сложные алгоритмы,
- развить навыки логического мышления.

В настоящее время обществу необходима личность, способная самостоятельно ставить учебные цели, искать пути их реализации, контролировать и оценивать свои достижения, работать с разными источниками информации, анализировать их и на этой основе формулировать собственное мнение. [11]

Для программирования робота-манипулятора, необходимо знать тригонометрические функции и действия с матрицами. Не все требуемые

разделы математики, которые требуются для программирования робота рассматриваются в курсе средней школе.

Соответственно если мы хотим получить доброкачественный продукт с высокими потребительскими качествами, который будет точно соответствовать где необходимо ему, то значит надо некоторые разделы ввести. Благо, что матрицы будут присутствовать как таблицы чисел, а все что внутри матриц, это тригонометрические функции, которые рассматриваются в средней школе.

В принципе всю математическую подготовку, которая проводится в школе, ее можно использовать на уроках технологии и при построении роботов. И тригонометрию, геометрию, алгебру и начало анализа можно использовать на уроках робототехники, а это и есть прикладные аспекты математической подготовки учащихся старших классов.

Для программирования робота, учащимся необходимо повторить разделы из алгебры изучаемые в 10 классе.

Раздел "Тригонометрические функции": синус, косинус, тангенс, котангенс произвольного угла; синус, косинус, тангенс, котангенс числа; основные тригонометрические тождества.

Раздел "Тригонометрические уравнения": простейшие тригонометрические уравнения; решения тригонометрических уравнений; арксинус, арккосинус, арктангенс числа. Учащиеся должны уметь: решать уравнения, простейшие системы уравнений, используя свойства функций и их графиков.

Раздел "Преобразование тригонометрических выражений": синус, косинус и тангенс суммы и разности двух углов; синус и косинус двойного угла; формулы половинного угла; преобразования суммы тригонометрических функций в произведение и произведения в сумму; выражение тригонометрических функций через тангенс половинного аргумента; преобразования простейших тригонометрических выражений.

Учащиеся должны уметь: проводить по известным формулам и правилам преобразования тригонометрических выражений.

Из-за того, что математика довольно сложная наука, раньше 10 класса можно не заниматься программированием робота-манипулятора, а именно ангулятного типа, так как при программировании используются тригонометрические функции и их преобразования, учащиеся в среднем звене такого еще не проходили.

Для старшеклассников большая проблема завлечь их интересными задачами, так как учащиеся уже работали с простейшими роботами ранее. Поэтому, для старшеклассников лучше ставить перед ними проблему, далее они начинают ее решать, применяя все необходимые знания по геометрии, алгебре, физике.

Для подготовки учащихся необходимо рассматривать на дополнительных занятиях, факультативах, кружках, или предлагать для самостоятельного обучения по дополнительной литературе, различные типы задач: логические задачи, математические ребусы, инварианты, геометрические задачи (на разрезание и др.), арифметические задачи, текстовые задачи: решаемые с конца, на переливание, взвешивание, на движение, выигрышные ситуации.

Дополнительные возможности для индивидуальной работы с учащимися, предоставляет использование информационных технологий на уроке и во внеурочное время. Использование готовых ресурсов, а также разработанных самим педагогом или учащимися, позволяет им работать в оптимальном темпе, выполнять задания различного уровня сложности, включая развивающие, исследовательские. При этом своевременно осуществляется контроль. Ещё большие возможности для повышения математической подготовки учащихся предоставит доступ в Интернет или электронные библиотеки. [11]

Использование роботов-манипуляторов при проведении уроков способствует эффективному овладению обучающимися универсальными учебными действиями, так как объединяет разные способы деятельности при решении конкретной задачи, а также значительно повышает мотивацию к изучению, способствует развитию коллективного мышления и самоконтроля. И конечно же, позволяет достигать высоких образовательных результатов при образовательной деятельности учащихся.

Вывод по второй главе

Рассмотрев особенности кинематики и динамики манипулятора, а также выведя уравнения динамики робота-манипулятора можно переходить к проведению исследований на математической модели, что докажет правильность расчетов. Решение этих задач используется при построении рабочей зоны манипулятора. Кроме кинематики, большой интерес представляет анализ динамики робота.

Для проведения требуемых расчетов старшеклассникам необходимо повторить знания по тригонометрическим функциям. Программирование и проектирование робота-манипулятора доступно учащимся старшеклассникам, так как в технологии не используется вся математическая подготовка, математика в технологии принимает малое участие. Занятия по программированию роботов лучше проводить в виде внеурочной деятельности, так как предмет "Технология" в старших классах не преподается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении работы были достигнуты следующие результаты и сделаны выводы:

Рассмотрев классификацию роботов-манипуляторов и область их применения можно сделать вывод, что среди роботов наиболее востребованные роботы-манипуляторы, они применяются в различных отраслях промышленности.

Для проведения требуемых расчетов старшеклассникам необходимо повторить знания по тригонометрическим функциям. Занятия по программированию роботов лучше проводить в виде внеурочной деятельности, так как предмет "Технология" в старших классах не преподается.

Для учащихся и преподавателей разработаны методические рекомендации по совершенствованию математической подготовки. В рекомендациях прописаны разделы математики необходимые для проектирования и программирования робота- манипулятора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белянин П.Н. Промышленные роботы и их применение. -М.: Машиностроение, 2012, 74 с.
2. Бруевич Н.Г., Правоторова Е.А., Сергеев В.И. Основы теории точности механизмов. М., Наука, 2008, с.240
3. Бурдаков С.Ф., Дьяченко В.А., Тимофеев А.Н. Проектирование манипуляторов, промышленных роботов и роботизированных комплексов. Учебное пособие.-М.: Высш.школа, 2006.-264 с.
4. Бургин Б. Ш. Анализ и синтез двухмассовых электромеханических систем. – Новосибирск: Новосиб. электротехн. ин-т., 2012. 199 с.
5. Власов А.И., Сулимов Ю.И. Электронные промышленные устройства: Учебное методическое пособие. – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2013.
5. Гонсалес Р., Фу К., Ли К. Робототехника. - М.: Москва «Мир», 2009. - 620
6. Грачев Л.Н., Косовский В.Л. Конструкция и наладка станков с программным управлением и роботизированных комплексов. М: Выш. шк. 2006.286 с.
7. Житников Ю.З., Житников Б.Ю. Расчет параметров схвата манипулятора. СПб. 2010. №2. С.30-38.
8. Зенкевич С. Л., Ющенко А. С. Основы управления манипуляционными роботами. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана– 2004. – 480 с.
9. Козлов В.В. Динамика управления роботами. -М.: Наука, 2009.
10. Ключев С.А. Компьютерное моделирование: Учебно-методическое пособие. - М.: Волжский политехнический институт, 2009. - 89 с.
11. Макарычев В.П., Математическое моделирование системы бортовых манипуляторов корабля "Буран" в реальном времени. Робототехника и техническая кибернетика. В.Д.Архипов, И.Г. Байбус, Е.А. Майрансаев, М.А. Сукачев М.А. Сборник научных трудов. - СПб: Санкт-Петербургский государственный технический университет, 2009. с. 80-85.

12. Пол Р. Моделирование, планирование траекторий и управление движением робота-манипулятора. М.: Наука, 2016. – 104 с.
13. Попов Е. П., Верещагин А. Ф., Зенкевич С. Л. Манипуляционные роботы. Динамика и алгоритмы. – М.: Наука, 2008. - 398 с
14. Фролов К. В. Механика промышленных роботов / под ред. К. В. Фролова, Е. И. Воробьева. Том 1. Кинематика и динамика. - М.: Высшая школа, 2008. - 304
15. Фу К., Р. Гонсалес, К. Ли. Робототехника. – Москва: Мир, 2009. 624 с.
16. Черноусько Ф.Л., Болотник Н.Н., Градецкий В.Г. Манипуляционные роботы: динамика, управление, оптимизация. М.: Наука, 2009. – 368 с.
17. Шахинпур М. Курс робототехники. М.: Мир– 2010. – 527 с.
18. Шеленок Е. А. Разработка учебного робота-манипулятора. Том 5, Ученые заметки. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2014. – с. 247-253
19. Юревич Е.И. Управление роботами и робототехническими системами. СПб. – 2011. – 168 с.
20. Юревич Е.И. Основы робототехники. 2-е изд. СПб.: БХВ-Петербург, 2015. С. 7-207.