

Научное общество учащихся «Эврика»

**Муниципальное Автономное Образовательное Учреждение
«Лицей №38»
Советского района, города Н. Новгорода**

Исследование работы роботизированного манипулятора.

Создание прототипа роботизированной руки.

Выполнили: Гуткин Максим

Корневич Иван

ученики 9 «Б» класса

Научный руководитель:

Еделев А.Ю.

г. Нижний Новгород

2024-2025г.

1	Введение	2
1.1	Актуальность	2
1.2.	Перспективы развития	3
1.3.	Цели	3
1.4.	Задачи	4
2	История создания	5
3	Структура и механика	8
3.1.	Звенья (или сегменты)	8
3.2.	Суставы	8
3.3.	Приводы	8
3.4.	Контроллеры	9
3.5.	Интерфейс управления	9
3.6.	Основная база (основание)	9
3.7.	Интерфейс управления	9
3.6.	Заключение	9
4	Анализ основных манипуляторов на рынке	11
4.1.	На бесколлекторных моторах с собственным планетарным редуктором	11
4.2.	На сервоприводах	12
4.3.	Дельта рука	13
4.4.	На основе шагового мотора Nema17	15
5	Компоненты	17
5.1.	НИТ пластик PLA - Silk дым шелковый 1 кг	17
5.2.	Шаговый двигатель Nema 17 Jkongmotor 42x40 мм 1.7A 4 провода с редуктором 1 к 5	17
5.3.	Контроллер Arduino MEGA 2560	18
5.4.	Шаговый двигатель Nema 17 (17HS4401)	19

5.5.	Оптический концевой выключатель (концевик)	20
5.6.	Шкив зубчатый GT2-20, 8 мм для ремня 6мм	20
5.7.	Зубчатый ремень GT2 6 мм	20
5.8.	Подшипник 625 ZZ/P6Q6	21
6	Печать и сборка манипулятора	23
6.1.	Подготовка модели 3Д	23
6.2.	Печать	23
7	Программирование	30
7.1.	Программа	30
8	Принцип работы	32
8.1.	Подшипники качения	32
8.2.	Конический редуктор	32
8.3.	Конические зубчатые передачи	33
8.4.	Вращающиеся системы координат	34
9	Вывод	35
10	Источники	36

Оглавление

1. Введение

1.1 Актуальность.

Актуальность производства роборуки.

Роборуки становятся всё более актуальными в современном мире, так как обеспечивают автоматизацию и оптимизацию множества процессов. Вот несколько ключевых аспектов:

- Повышение производительности: Роборуки способны работать быстрее и точнее, чем человек, что позволяет увеличивать производительность труда во многих сферах.

- Экономия затрат: Инвестиции в роборуки могут значительно снизить расходы на рабочую силу, особенно в массовом производстве.

- Безопасность: Использование роборуки в опасных или вредных условиях (например, на химических заводах или в строительстве) помогает снизить риски для здоровья работников.

- Адаптивность: Современные роборуки могут программироваться и перенастраиваться для выполнения различных задач, что делает их универсальными инструментами в производстве.

Роборуки находят применение в различных отраслях:

- Автомобильная промышленность: Используются для сварки, покраски и сборки автомобилей.

- Электроника: Применяются для сборки и тестирования электронных компонентов и устройств.

- Фармацевтика: Роборуки помогают в упаковке и производстве лекарств, обеспечивая высокие стандарты чистоты и точности.

- Торговля: В ритейле роборуки могут использоваться для автоматизации процессов инвентаризации и распределения товаров.

- Образование: В учебных заведениях роборуки используются для обучения студентов основам робототехники и программирования.

- Исследования: В научных лабораториях роборуки помогают с выполнением сложных экспериментов и анализами, повышая точность и облегчая работу исследователей.

1.2. Перспективы развития:

С развитием технологий, таких как машинное обучение и искусственный интеллект, ожидается увеличение функциональности роборуки, что открывает новые горизонты для их применения. Например:

- Интеграция с IoT: При подключении к Интернету вещей, роборуки могут более эффективно взаимодействовать с другими машинами и системами.

- Улучшение взаимодействия с людьми: Развитие технологий для безопасного совместного выполнения задач с человеком, что особенно важно в производственных условиях.

- Устойчивое развитие: Роборуки могут помочь в устойчивом развитии, оптимизируя процессы использования ресурсов и минимизируя отходы.

Таким образом, роборуки не только актуальны, но и играют ключевую роль в будущем технологий и промышленности.

1.3 Цели.

1. Исследование кинематики движения роборуки.
2. Создание прототипа роборуки на базе роборуки Thor.
3. Создание конвейера для промышленной упаковки объектов.
4. Создание собственного ПО для управления роборукой, используя Arduino IDE.
5. Выбор электрических компонентов для обеспечения движения роборуки.

1.4 Задачи .

- Собрать информацию и проанализировать основные виды манипуляторов
- Отрисовка необходимых компонентов для аналогичных компонентов манипулятора
- Напечатать необходимые детали для манипулятора
- Составление списка электрических компонентов для механизации манипулятора
- Написание программы для манипулятора
- Сборка и тестирование устройства

2. История создания

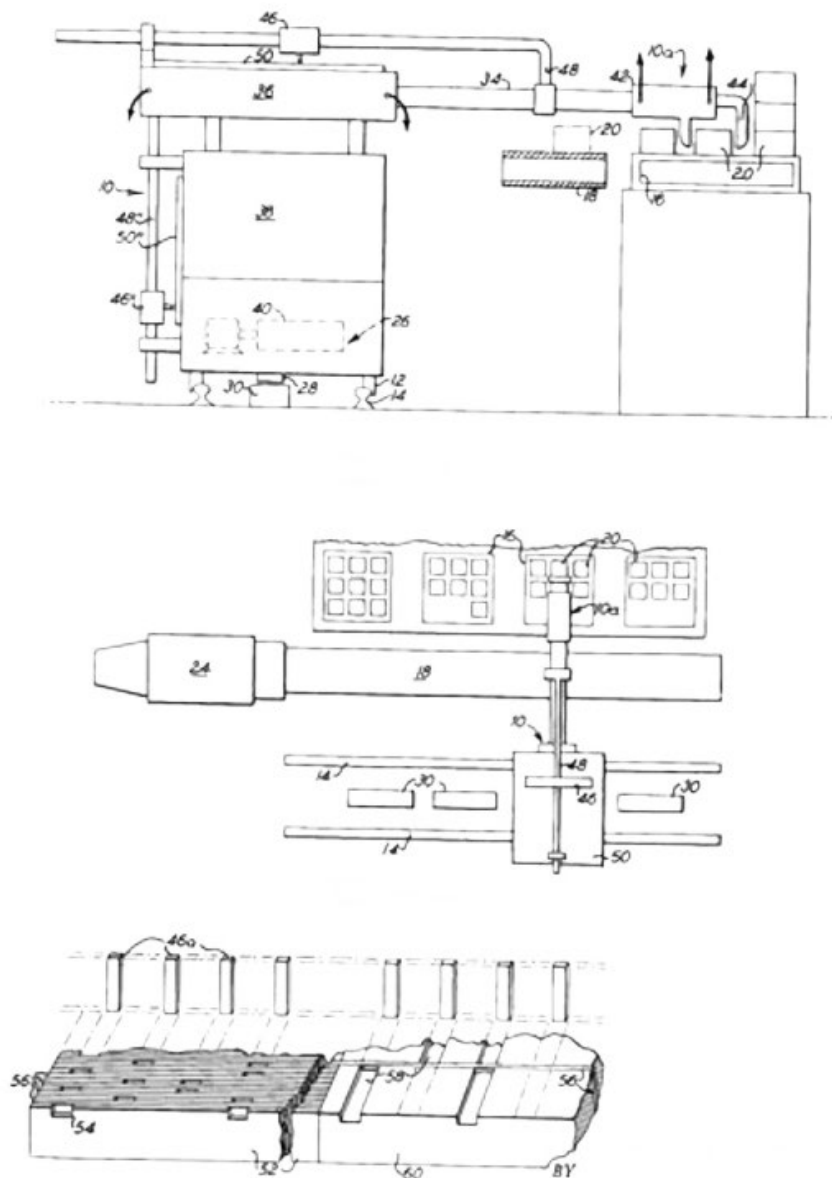
Привычные нам “Робо-руки” или манипуляторы, определившие контуры современного высокотехнологичного массового производства, появились порядка 60 лет назад. У истоков прорыва стоят два человека: американцы Джордж Девол (подавший патентную заявку о “программируемом изделии для перемещений” в 1954 году) и “отец робототехники” Джозеф Энгельбергер (сооснователь компании Unimation, представивший промышленному миру изобретение the Unimate);(рис.1-2)

Изобретать и конструировать роботов всегда было проще, чем коммерциализировать и внедрять. Слово “робот” в то время использовалось в первую очередь в научной фантастике: производители, напротив, практически не обращались к подобной терминологии, опасаясь спугнуть потенциальных покупателей и спровоцировать негативную общественную реакцию и напрасные опасения.

Чем бы ни была система Unimate, устройство стоимостью \$25 тысяч серьезно расширяло набор возможностей промышленного предприятия. Аппарат “запоминал” последовательности из 200 шагов, а главное - справлялся с тысячекратным повторением рутинных задач.

Первый прототип машины приобрела General Motors в далеком 1961 году. А уже в 1969 году рабочие компании устроили бунт, связанный с появлением автоматизированного предприятия в Лордстауне, Огайо - “роботы” вынудили людей трудиться гораздо быстрее, чем в привычном им темпе. Гнев сотрудников отразился на производимой продукции: некоторые автомобили несли на себе скрытые повреждения, дефекты и прочие признаки вандализма. Вероятнее всего, именно этот момент стал переломным в истории роботизации: вместо

повышения производительности труда людей, в ГМ погнались за минимизацией



издержек и попытались выжать максимум из людей и оборудования.

рис.1

О роборуках, приводимых в движение биоэлектрическими сигналами, впервые задумались в СССР, и работы по их созданию начались в 1956-ом году. Вскоре искусственные конечности, какими их видели сценаристы-фантасты,

стали появляться на экранах — примеры мы можем видеть в таких фильмах, как «Звездные Войны», «Стар Трек» и многие другие. В наше время разработкой бионических конечностей, управляемых силой мысли, занимаются университеты и частные компании в США и Германии.



рис.2

3. Структура и механика

3.1 Звенья (или сегменты)

Роборука состоит из нескольких звеньев, которые могут быть различной длины и формы. Каждое звено соединяется с соседним суставом, что позволяет манипулятору достигать различных позиций и углов. Звенья могут быть выполнены из различных материалов, таких как алюминий, сталь или композитные материалы, чтобы обеспечить необходимую прочность и легкость.

3.2 Суставы

Суставы обеспечивают движение между звеньями и бывают разных типов:

- Ротационные суставы: позволяют вращать звенья вокруг оси. Это наиболее распространенный тип суставов в робототехнике.
- Линейные суставы: обеспечивают движение в одном направлении (вперед-назад), что может быть полезно для определенных задач.
- Смешанные суставы: Комбинация ротационных и линейных движений для достижения большей гибкости.

3.3 Приводы

Приводы отвечают за движение суставов и звеньев. Существует несколько типов приводов:

- Электродвигатели: наиболее распространенный тип привода, обеспечивающий высокую точность и контроль. Могут использоваться шаговые или серводвигатели.

- Гидравлические приводы: используют жидкость под давлением для создания силы. Применяются в тяжелых роботах, где требуется высокая мощность.

- Пневматические приводы: используют сжатый воздух для движения. Часто используются в легких манипуляторах.

3.4 Датчики

Датчики играют важную роль в обеспечении обратной связи и точности работы роборуки:

- Датчики положения: определяют угол поворота суставов и положение звеньев.

- Датчики силы: измеряют силу, с которой робот взаимодействует с объектами, что помогает избежать повреждений.

- Датчики расстояния: используются для определения расстояния до объектов и предотвращения столкновений.

3.5 Контроллеры

Контроллеры обрабатывают данные от датчиков и отправляют команды на приводы. Это может быть специализированное оборудование или программное обеспечение, позволяющее управлять движением роборуки.

3.6 Основная база (основание)

Роборука обычно устанавливается на неподвижной базе, которая обеспечивает стабильность и поддержку. База может быть стационарной или мобильной, в зависимости от задачи, которую выполняет робот.

3.7 Интерфейс управления

Роборуки могут управляться через различные интерфейсы, включая ручные контроллеры, компьютеры или даже мобильные устройства. Это позволяет оператору задавать команды и контролировать выполнение задач.

3.8 Заключение

Структура и механика роборуки определяют ее возможности и производительность. Комбинация звеньев, суставов, приводов и датчиков обеспечивает высокую точность и эффективность выполнения различных манипуляций, что делает роборуки незаменимыми в многих отраслях, таких как производство, сборка, медицина и логистика.

4. Анализ основных манипуляторов на рынке

4.1 На бесколлекторных моторах с собственным планетарным редуктором, (рис.3)

Бесколлекторные моторы (BLDC) обеспечивают высокую эффективность и надежность. Планетарный редуктор позволяет увеличить крутящий момент и уменьшить скорость вращения, что делает систему более подходящей для задач, требующих высокой точности и контроля. Манипулятор состоит из нескольких сегментов, соединенных подвижными суставами, что обеспечивает возможность перемещения захвата в трехмерном пространстве.

Плюсы:

1. Низкий уровень шума: Работа бесколлекторных моторов тише по сравнению с шаговыми моторами.

2. Высокий крутящий момент: Планетарные редукторы обеспечивают высокий крутящий момент на выходе, что позволяет манипулятору работать с тяжелыми предметами.

3. Точная позиция и скорость: Возможность точного управления позицией и скоростью благодаря системе управления с обратной связью.

Минусы:

1. Сложность управления: Требуется более сложная система управления и программирование по сравнению с шаговыми моторами.

2. Стоимость: Бесколлекторные моторы и планетарные редукторы могут быть дороже, чем традиционные шаговые моторы.

3. Требование к охлаждению: При длительной работе может потребоваться дополнительное охлаждение для предотвращения перегрева.

4. Настройка и калибровка: Необходимость в точной настройке и калибровке системы управления для достижения оптимальной работы.



рис.3



4.2 На сервоприводах, (рис.4)

Сервоприводы представляют собой устройства, которые обеспечивают точное управление углом, скоростью и положением. Они часто используются в робототехнике для управления движением суставов манипулятора. Манипулятор состоит из нескольких сегментов, соединенных подвижными суставами. Каждый сустав управляется отдельным сервоприводом, что позволяет достигать высокой степени свободы и маневренности.

Плюсы:

1. Высокая точность: Сервоприводы обеспечивают точное управление положением и углом поворота, что делает манипулятор способным выполнять сложные задачи.
2. Простота управления: Сервоприводы легко интегрируются в системы управления, что упрощает программирование и настройку.
3. Компактность: Сервоприводы обычно имеют небольшие размеры, что позволяет создавать компактные и легкие конструкции.
4. Наличие обратной связи: Многие сервоприводы имеют встроенные датчики для отслеживания положения, что улучшает точность управления.

Минусы:

1. Ограниченная мощность: Сервоприводы могут иметь ограничения по крутящему моменту и мощности, что может ограничивать их применение для работы с тяжелыми объектами.
2. Стоимость: Качественные сервоприводы могут быть дорогими по сравнению с другими типами приводов.
3. Сложность конструкции: Для достижения высокой точности может потребоваться сложная система управления и дополнительные компоненты (датчики, контроллеры).
4. Проблемы с перегревом: При длительной работе сервоприводы могут перегреваться, что требует дополнительных мер по охлаждению.
5. Износ: Механические части сервоприводов могут изнашиваться со временем, что может потребовать замены или обслуживания.



рис.4

4.3 Дельта рука, (рис.5)

Дельта рука — это тип манипулятора с параллельной кинематикой, который состоит из трех или более параллельных плеч, соединенных с общей

базой и инструментом. Он предназначен для выполнения высокоскоростных и точных манипуляций в трехмерном пространстве.

Плюсы:

1. Высокая скорость: Дельта руки способны выполнять быстрые движения, что делает их подходящими для задач, требующих высокой производительности.

2. Точность: Обеспечивают высокую точность позиционирования, что критично для сборки и обработки.

3. Стабильность: Высокая жесткость конструкции обеспечивает стабильность при работе с легкими предметами.



рис.5

Минусы:

1. Ограниченная рабочая зона: Рабочая область дельта руки может быть ограничена, что снижает его универсальность.

2. Сложность управления: Программирование и синхронизация движений всех плеч могут быть сложными задачами.

3. Ограниченная грузоподъемность: Обычно предназначены для работы с легкими объектами, что ограничивает их применение в некоторых сферах.

4. Чувствительность к вибрациям: Высокая скорость может сделать дельта руку чувствительной к вибрациям и внешним воздействиям.

4.4. На основе шагового мотора Nema17, (рис.6)

Роборука-манипулятор на основе шагового мотора Nema 17 — это устройство, использующее шаговые моторы для точного управления движением в различных направлениях. Nema 17 — это стандартный размер шагового мотора, который часто используется в 3D-принтерах и других робототехнических проектах благодаря своей доступности и хорошей производительности.

Плюсы:

1. Точность: Высокая точность позиционирования благодаря шаговым моторам.

2. Доступность: Шаговые моторы Nema 17 широко доступны и относительно недороги.

3. Простота в использовании: Легкость в программировании и настройке, особенно с использованием популярных платформ, таких как Arduino.

4. Модульность: Возможность легко модифицировать и расширять конструкцию.

Минусы:

1. Шум: Работа шаговых моторов может быть шумной, что может быть нежелательным в некоторых приложениях.

2.Нагрев: Моторы могут перегреваться при длительной работе на высоких нагрузках.

3.Ограниченная нагрузка: Максимальная грузоподъемность зависит от конструкции и может быть ограничена по сравнению с другими типами приводов (например, сервомоторами).

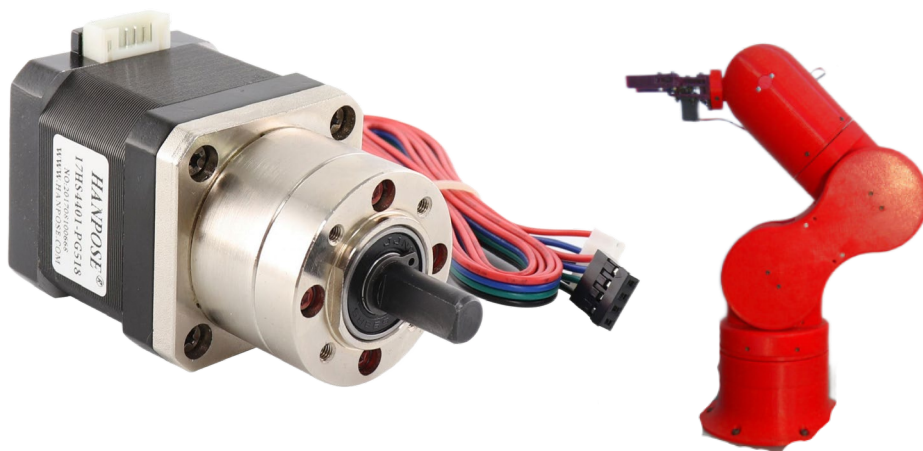


рис.6

5. Компоненты

5.1 НИТ пластик PLA - Silk дым шелковый, (рис.7)

Благодаря своим уникальным свойствам печатать данным видом пластика возможна на высоких скоростях до 600 мм/с. Кроме того, этим филаментом возможно печатать без использования поддержек под углом до 70 градусов, сохраняя идеальное качество печати. Высокая прочность и экологичность делают его незаменимым помощником в создании различных моделей и конструкций.



Температура сопла - 230*С, температура стола - 60*С.

рис.7

5.2 Шаговый двигатель Nema 17 Jkongmotor 42x40 мм 1.7А, (рис.8)

Двухфазный шаговый двигатель NEMA17 с планетарным редуктором может использоваться в конструкции 3D-принтера и ЧПУ станков.

Технические характеристики Nema 17HS4401:

- Модель: 17HS4401
- Угловой шаг: $1.8 \pm 5\%$ (1 оборот - 200 шагов)
- Коэффициент редуктора: 5:1
- Число фаз: 2
- Диапазон рабочих температур: -20°C / +85°C
- Номинальный ток: 1.68 А

- Номинальное напряжение: 2.8 В
- Сопротивление фазы: $1.65 \pm 0.10 \text{ Ом}$
- Индуктивность фазы: $2.8 \pm 0.20 \text{ мГн}$ (1кГц)
- Крутящий момент: 2 Н х м (20.4 кг х см)
- Сопротивление изоляции: 100 МОм
- Электрическая прочность: 500 В АС
- Диаметр вала: 8 мм
- Длина вала: $15 \pm 0.5 \text{ мм}$
- Разъем: 4 PIN
- Длина кабеля: $500 \pm 10 \text{ мм}$
- Вес двигателя: 0.6 кг



рис.8

5.3 Контроллер Arduino MEGA 2560,

(рис.9)

Микроконтроллер: ATmega2560

Тактовая частота: 16 МГц

Напряжение: 5 В

Предельные напряжения: 5-20 В

Рекомендуемое напряжение питания:

7-12 В

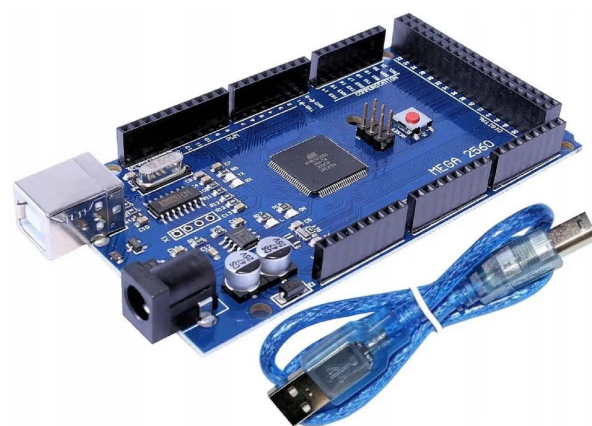


рис.9

Макс. сила тока с одного вывода: 40 мА

Цифровые пины: 54

Цифровые пины с поддержкой ШИМ: 15

Аналоговые входы: 16

Flash-память: 256 КБ (8 из них используются загрузчиком)

SRAM: 8 КБ

5.4 Шаговый двигатель Nema 17 (17HS4401),

(рис.10)

Фаза:2

Номинальное напряжение: 3,6 В
постоянного тока

Фазовое сопротивление (20 °С):
 $2,4 * (1 \pm 15\%) \text{ Ом/фаза}$

Удерживающий крутящий момент: $\geq 420 \text{ мНм}$.

Направление вращения: А-С В-D по часовой стрелке.

Максимальная скорость поворота: $\geq 1900 \text{ импульсов в секунду}$.

Рис.10

Электрическая прочность: AC600V/1mA/1S

Угол шага (градусы): $1,8 \pm 0,09^\circ$



Номинальный ток: 1,5 А постоянного тока/фаза

Фазовая индуктивность: 3,7*(1±20%) мГн/фаза

Момент позиционирования: 15 мН·м ПОЗ.

Максимальная стартовая скорость: ≥1500 импульсов в секунду

Сопротивление изоляции: ≥100 МОм (500 В постоянного тока)

5.5 Оптический концевой выключатель (концевик)

EndStop TCST2103, (рис.11)

- Модель оптопары: TCST2103
- Напряжение питания: до 6 В
- Потребляемый ток: 60 мА (при максимуме в 3 А)
- Разъём: 2S JST-XH
- Длина кабеля: 50 см



рис.11

5.6 Шкив зубчатый GT2-20, 8 мм для ремня бмм,

(рис.12)

Шкив GT2-20 зубьев, используют для создания передач с помощью зубчатых ремней. Данный шкив подходит для зубчатого ремня GT2. Фиксация осуществляется на вал диаметром 8 мм с помощью установочных винтов, которые идут в комплекте.



5.7 Зубчатый ремень GT2 6 мм, (рис.13)



Зубчатый ремень GT2 шириной 6 мм — незаменимая запчасть для вашего 3D-принтера, обеспечивающая надежную работу и точную передачу движения. Он предназначен для использования в различных моделях 3D-принтеров, что делает его универсальным решением для ремонта и модернизации.

Данный ремень изготовлен из высококачественной резины, что гарантирует его устойчивость к износу. Долговечность при интенсивной эксплуатации обеспечит армирование стекловолокном. Корды из стекловолокна делают ремень бесшумнее, мягче.

Он легко натягивается и обслуживается, имеет меньший радиус изгиба, по сравнению со стальным кордом.

рис.13

5.8 Подшипник 625 ZZ/P6Q6, (рис.14)

Отечественные подшипники повышенной точности 625 ZZ/P6Q6 (6ГПЗ), закрытые с двух сторон металлическими защитными шайбами, идеально подходят для различной техники.

Шариковые, радиальные подшипники с симметричными в осевом направлении дорожками качения, предназначены, как правило, для радиальных нагрузок. Так же могут нести не значительные осевые нагрузки. Шариковые радиальные подшипники являются самыми распространёнными среди



подшипников. Область их применения, практически не ограничена.

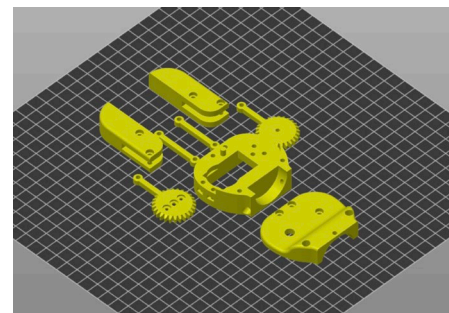
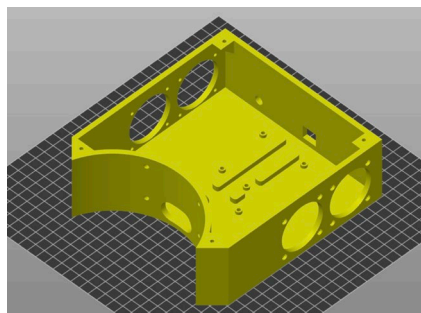
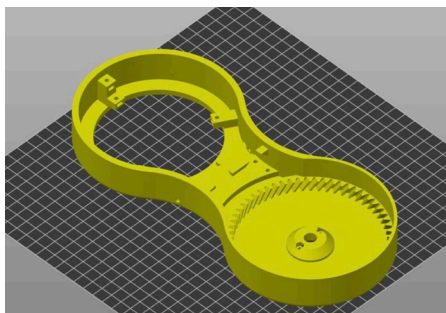
рис.14

Размеры подшипника. Внутренний диаметр - 5 мм, Наружный диаметр - 16 мм, Ширина - 5 мм.

6. Печать и сборка манипулятора

6.1 Подготовка модели 3d, (рис.15)

Мы взяли 3d-модели деталей для роботизированного манипулятора с



сайта Thor:

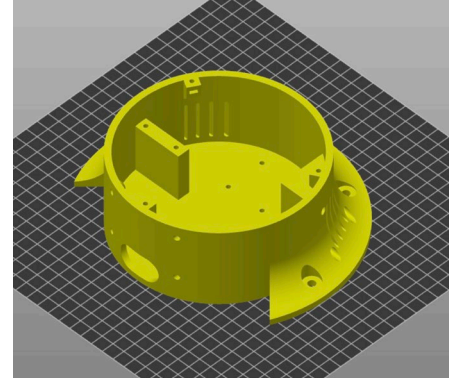
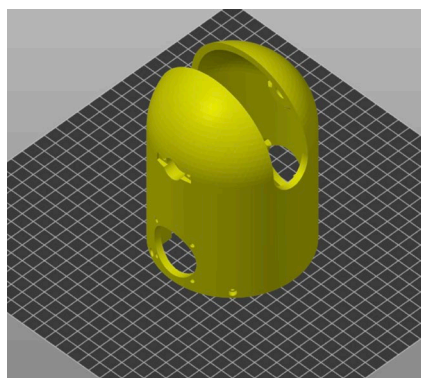
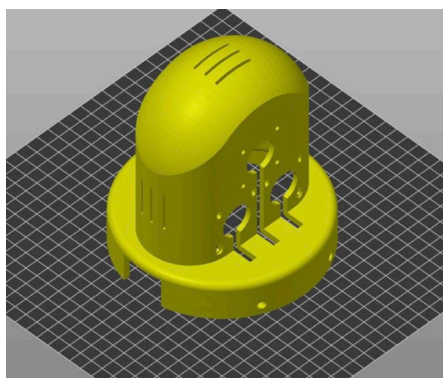


рис.15

6.2 Печать, (рис.16-21)

Когда все было готово, мы начали печатать на 3Д принтере все необходимые детали. По мере изготовления необходимых деталей, мы их соединяли, подгоняли друг к другу, исправляли недочеты.

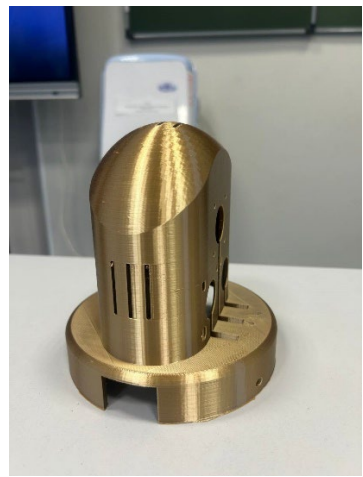
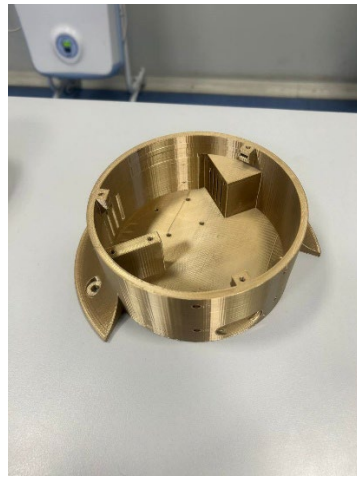


рис.16

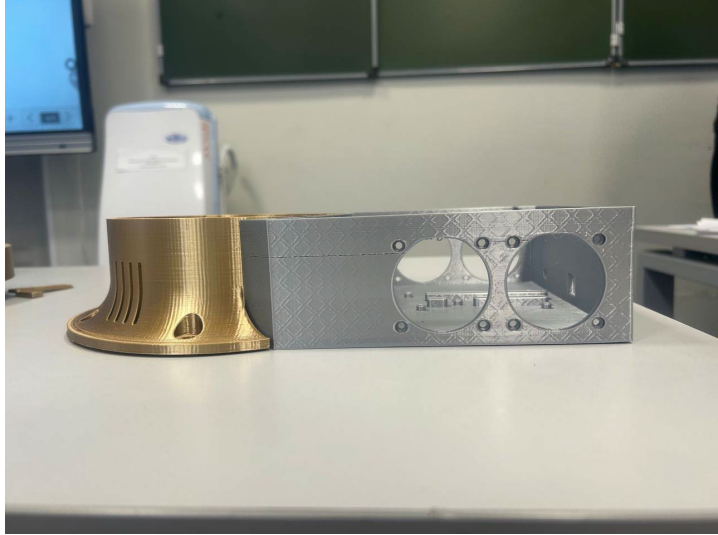
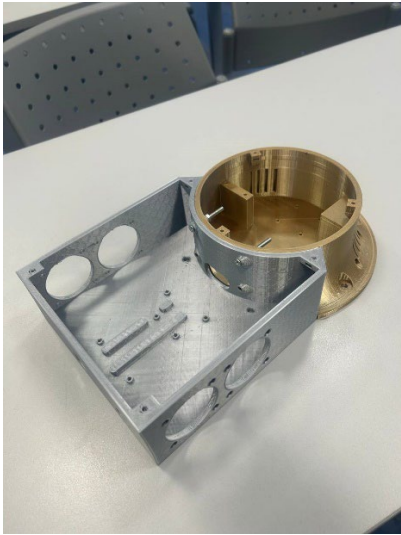


рис.17



рис.18



рис.19

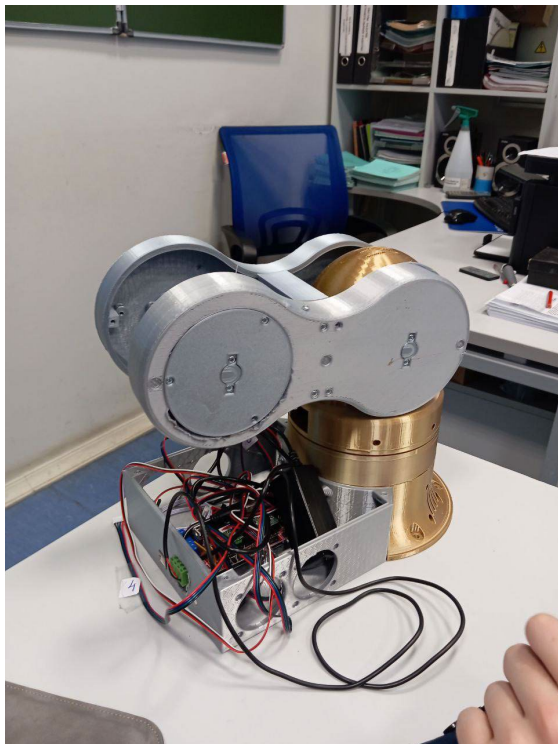
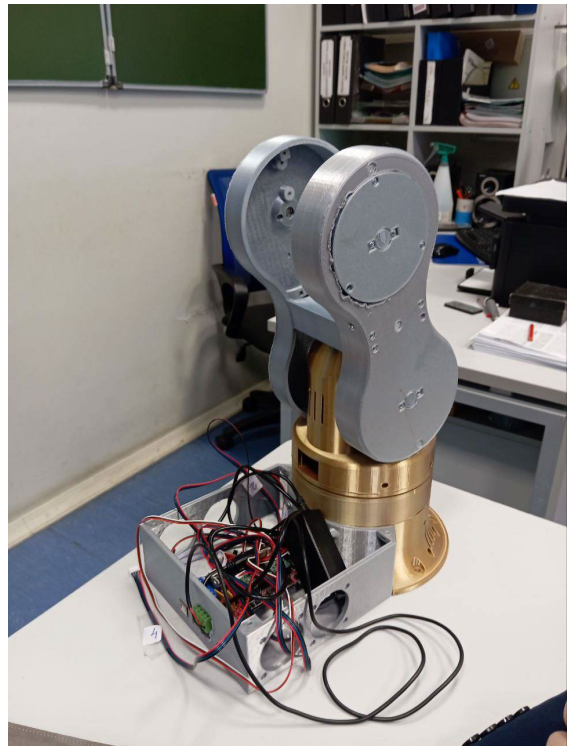


рис.20

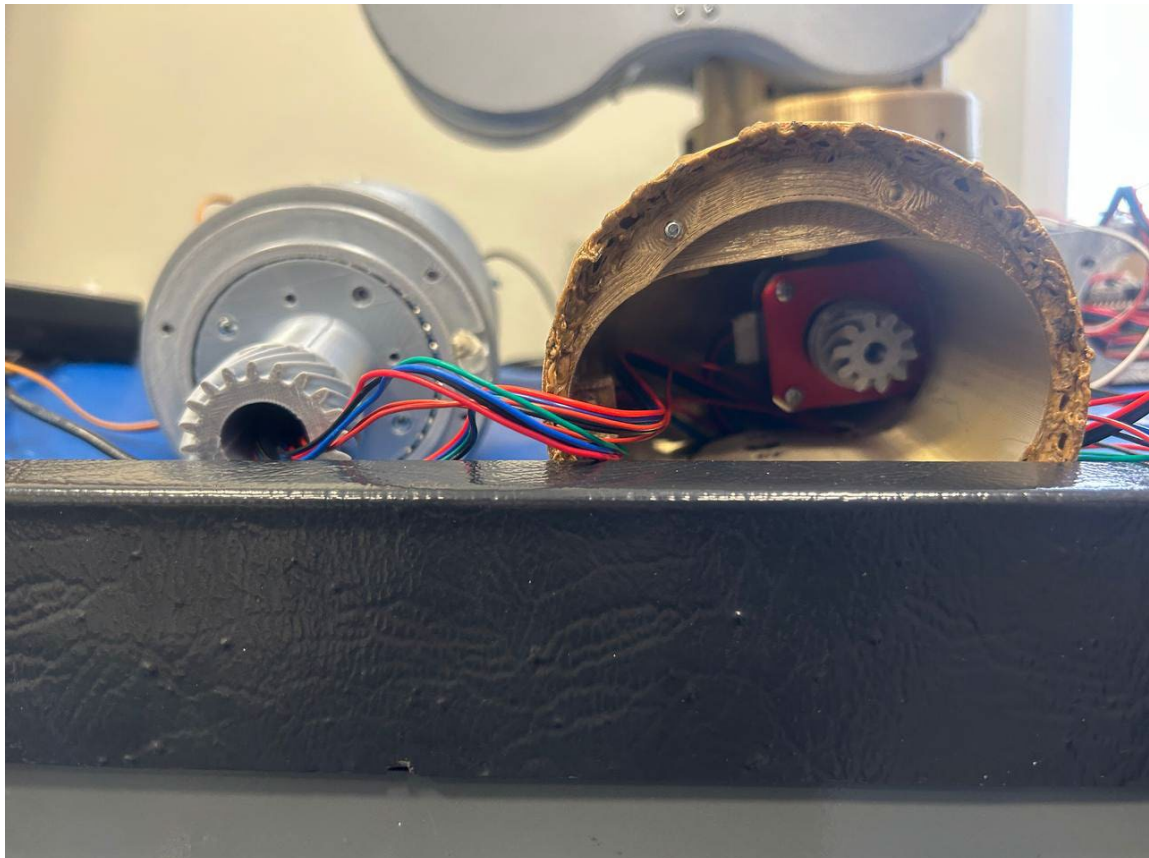


рис.21

7. Программирование

7.1 Программа, (рис.22-23)

Для приведения роборуки в рабочее состояние была написана программа в

```
#define frequency 2250

int command = 0;
#define X_STEP_PIN      54
#define X_DIR_PIN       55
#define X_ENABLE_PIN    38
#define X_MIN_PIN       3
#define X_MAX_PIN       2

#define Y_STEP_PIN      60
#define Y_DIR_PIN       61
#define Y_ENABLE_PIN    56
#define Y_MIN_PIN       14
#define Y_MAX_PIN       15

#define Z_STEP_PIN      46
#define Z_DIR_PIN       48
#define Z_ENABLE_PIN    62
#define Z_MIN_PIN       18
#define Z_MAX_PIN       19

#define E_STEP_PIN      26
#define E_DIR_PIN       28
#define E_ENABLE_PIN    24
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Рука версия 1.0");
}
```

приложении Arduino IDE.

рис.22

```

pinMode(X_STEP_PIN    , OUTPUT);
pinMode(X_DIR_PIN     , OUTPUT);
pinMode(X_ENABLE_PIN , OUTPUT);
digitalWrite(X_ENABLE_PIN , HIGH);
}

void loop() {
  if (Serial.available()) {
    command = Serial.read();
    if (command == '1') {
      f1();
    } else if (command == '2') {
      f0();
    }
  }
}

void f1(){
  Serial.println("a");
  // put your main code here, to run repeatedly
  digitalWrite(X_ENABLE_PIN , LOW);
  digitalWrite(X_DIR_PIN    , LOW);
  for (int i = 0; i < 50; i++) {
    digitalWrite(X_STEP_PIN , HIGH);
    delayMicroseconds(frequency);
    digitalWrite(X_STEP_PIN , LOW);
  }
}

void f0(){
  Serial.println("b");
  digitalWrite(X_ENABLE_PIN , HIGH);
}

```

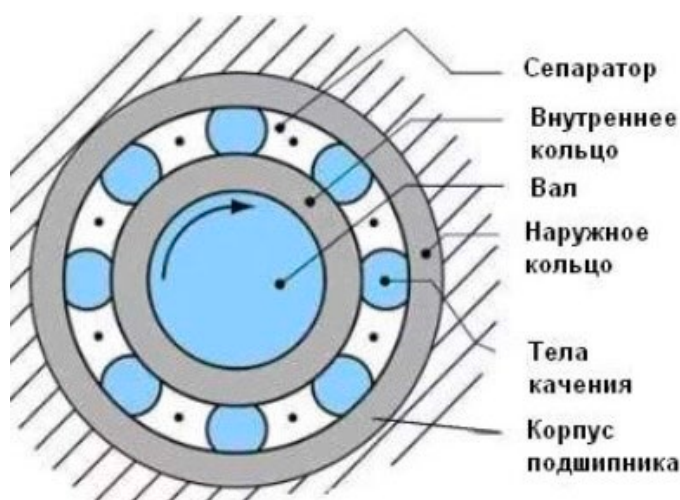
рис.23

8. Принцип работы

В нашей роборуке были использованы:

8.1 Подшипники качения, (рис.24)

Подшипник — сборочный узел, являющийся частью опоры или упора и поддерживающий вал, ось или иную подвижную конструкцию с заданной жесткостью. Фиксирует положение в пространстве, обеспечивает вращение, качение или линейное перемещение (для линейных подшипников) с наименьшим сопротивлением, воспринимает и передает нагрузку от подвижного узла на другие части конструкции. Подшипники качения состоят из внешнего



кольца, внутреннего кольца и тел вращения с сопутствующими деталями.

рис.24

8.2 Конический редуктор, (рис.25)

Редуктор (механический) — механизм, передающий и преобразующий крутящий момент, с одной или более механическими передачами.

Основные характеристики редуктора:

- Коэффициент полезного действия,

- Передаточное отношение - это отношение угловой скорости ведущего вала к угловой скорости ведомого вала $i = \omega_1 / \omega_2$,
- Передаваемая мощность,
- Максимальные угловые скорости валов,
- Количество ведущих и ведомых валов,
- Тип и количество передач и ступеней.

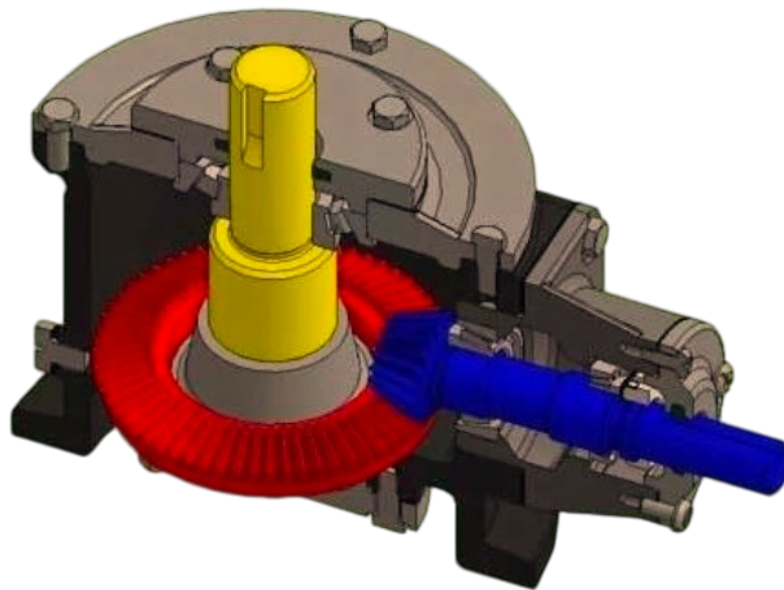


рис.25



8.3 Конические зубчатые передачи, (рис.26)

рис.26

Зубчатые передачи имеют еще одно название – шестеренчатые. Зубчатые передачи называются коническими, если оси валов перпендикулярны друг другу.

8.4 Вращающиеся системы координат (ангулярная схема перемещения), (рис.27)

Наша роборука обладает вращающимися системами координат:

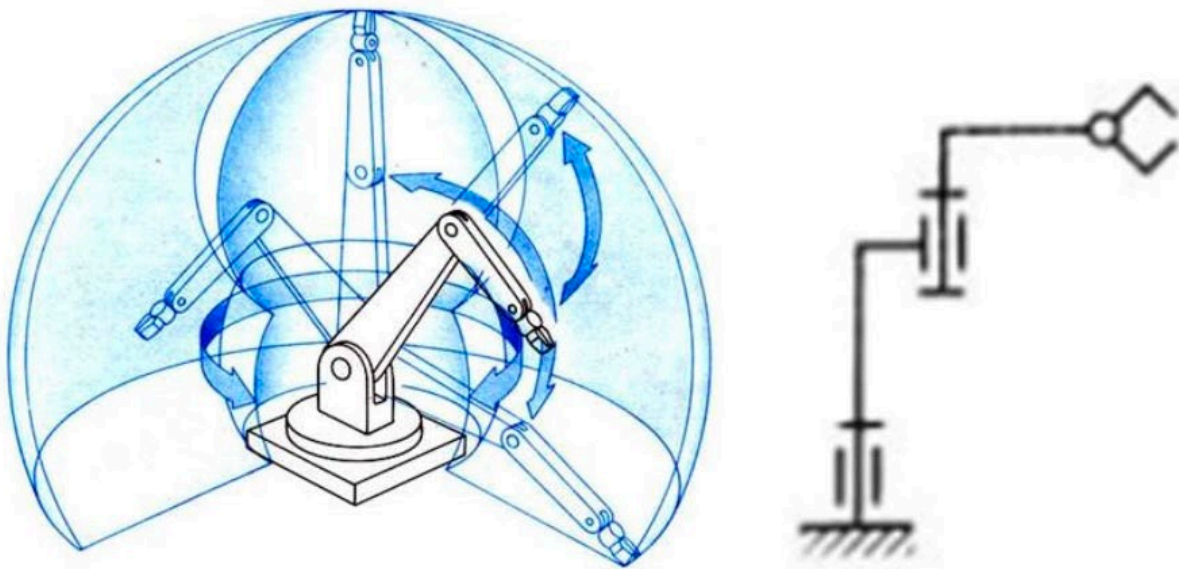
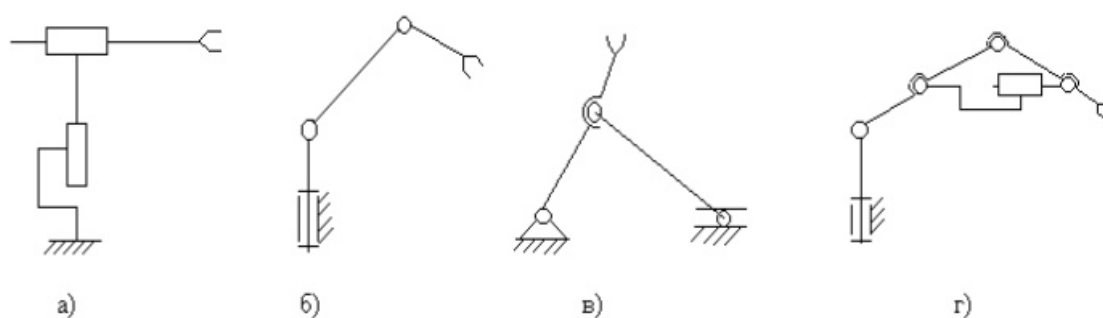


рис.27

Манипулятор такого типа очень напоминает руку человека, поскольку имеет плечевое и локтевое сочленения, а также запястный шарнир. Его зона действия значительно больше, чем у роботов других типов; он способен обходить препятствия гораздо более разнообразными путями и даже может многократно складываться.

8.5 Степень подвижности кинематической цепи

Кинематические цепи могут быть замкнутыми (рис. 28,в) и незамкнутыми (рис. 28, а, б, г). Кинематические цепи исполнительных механизмов ПР являются в основном не- замкнутыми . Существуют незамкнутые



кинематические цепи с местными замкнутыми контурами (рис. 28, г).

рис.28

Звено, принимаемое за неподвижное, называется основанием (стойкой). Звено, которому сообщается движение, преобразуемое исполнительным механизмом в требуемые движения других звеньев, называется входным. Звено, совершающее движение, для выполнения которого предназначен исполнительный механизм, называется выходным (конечным, последним).

Максимальное число входных звеньев равно числу степеней подвижности исполнительного механизма.

$$W = 6n - \sum_{i=1}^5 iP_i,$$

Числом степеней подвижности W кинематической цепи называют число степеней свободы цепи относительно звена, принятого за неподвижное. Число степеней подвижности манипулятора n определяется по формуле

где n – число подвижных звеньев; P_i – число кинематических пар i -го класса.

Развернутый вид этой же формулы:

$$W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1, \text{ где } n = (m - 1) \text{ – число подвижных звеньев;}$$

m – общее число звеньев;
 p_1, p_2, p_3, p_4, p_5 – число кинематических пар I, II, III, IV и V класса соответственно. Для плоских механизмов

$$W_{\text{пл}} = 3n - 2p_5 - p_4.$$

Для кинематической цепи манипулятора, образованной только парами V класса, число степеней подвижности робота определяется по формуле:

$$\text{для пространственного механизма } W = 6n - 5p_5,$$

$$\text{для плоского механизма } W_{\text{пл}} = 3n - 2p_5.$$

В открытых кинематических цепях число подвижных звеньев всегда равно числу пар:

$$n = p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5.$$

В качестве примера определим число степеней свободы манипулятора, кинематическая схема которого показана на рис. 29

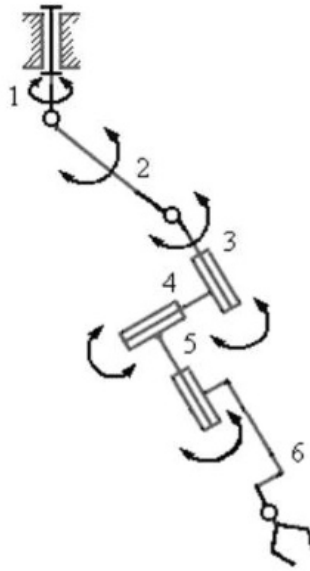


рис.29

Цепь содержит 6 подвижных звеньев, входящих в шесть вращательных кинематических пар. Если не учитывать движение губок захвата, то с помощью структурной формулы получим число степеней свободы манипулятора:

$$W = 6n - 5p_5 = 6 \cdot 6 - 5 \cdot 6 = 6.$$

9. Вывод

По итогу исследований мы получили ценные знания про работу работизированных манипуляторов и изучили кинематику их движения. Также в ходе работы мы создали рабочий прототип роборуки, который имеет потенциал для переработки в полную версию, и при доработке программы, возможно использование на различных производствах, занимающихся машиностроением, фармацевтикой, электроникой, а также в различных образовательных организациях. В будущем будет создан конвейер, который будет работать на базе данной роборуки для автоматизации различных процессов производства.

Преимуществами нашего работизированного манипулятора являются легкое управление и экономичность затрат. Благодаря моторам Nema 17 есть возможность четко выполнять поставленные задачи.

10. Источники

1. Роборука «Тор»: <http://thor.angel-lm.com>
2. Мультиурок: <https://multiurok.ru>
3. «У истоков промышленной революции»: <https://robotrends.ru/pub/1825/u-istokov-promyshlennoy-revolyucii-robo-ruki>
4. Thingiverse: <https://www.thingiverse.com>
5. Преподавательский сайт Инны Васильевны Музылёвой: https://cifra.studentmiv.ru/vvedenie-v-professiyu/vvp-mr_1-semester/04_mehanika-robotov/
6. Работизированные сборочные комплексы, А.А. Иванов, В.В. Сафронов, 1995
7. ГОСТ 30097-93. Роботы промышленные. Системы координат и направления движений
8. Марш П., Александер ., Барнетт П., Дулинг Д., Гилл К., Мэтьюз П., Моравек Г. Не счастье у робота профессий \\\Перевод с англ. Кузьмина Ю.А. Под редакцией д-ра мед. наук проф. Гурфинкеля В.С. - Москва: Мир, 1987 - 182 с.



МАОУ «Лицей №38»

Адрес:

Адрес: 603105 г. Нижний Новгород, ул. Ванеева, 7/57

Телефон: 428-83-06

Сайт: <https://ntl38.ru/about/contacts>

Электронная почта: l38_nn@mail.52gov.ru