

# ROTRICS DEX ARM

Учебное пособие

---

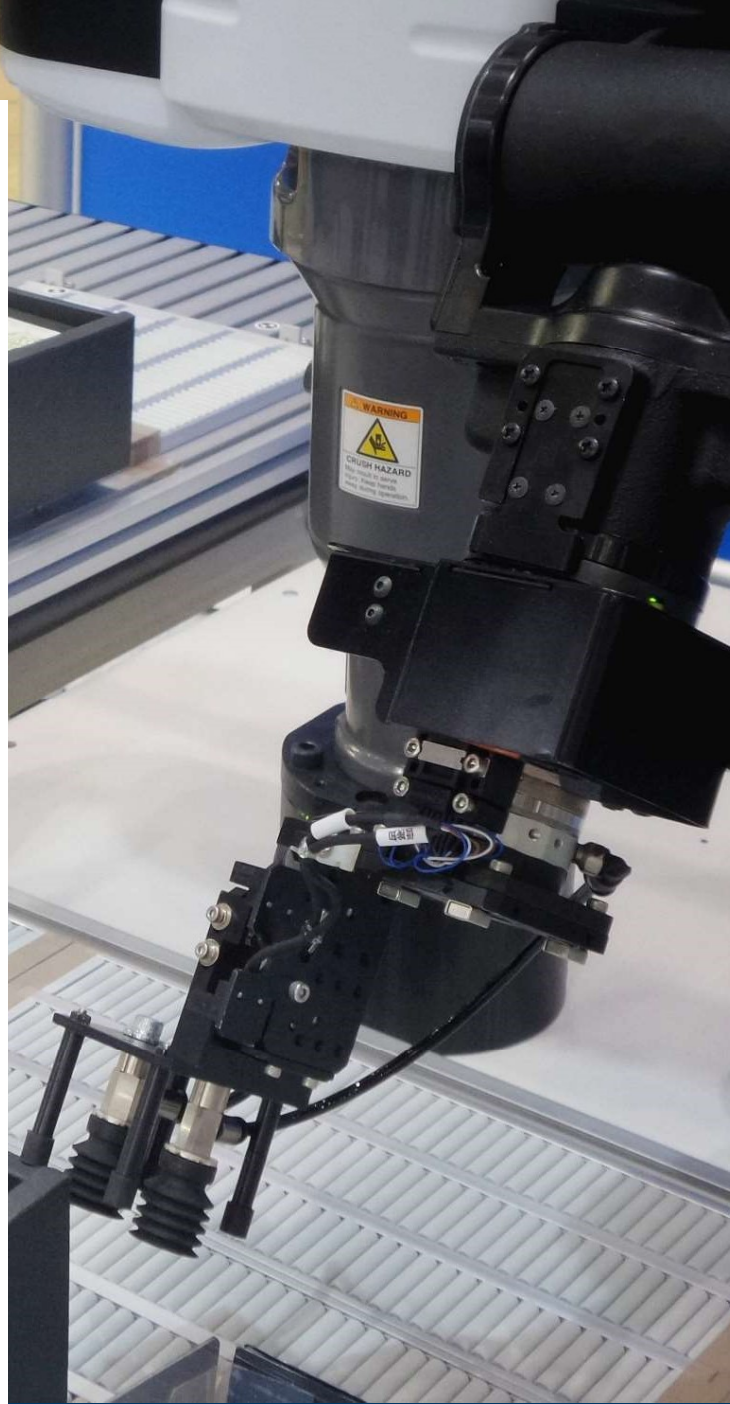
Встраиваемые Системы  
Мобильная Робототехника  
**Интернет Вещей**  
Мехатроника  
Электроника



---

ТОО «НПО «Группа Компаний «DOSTI»  
2023

Мольганов А.А.



Посвящается людям, которые произвели  
на меня огромное впечатление,  
проявили уважение и показали  
как важно оставаться человеком;  
изменили мир к лучшему,  
спасибо Вам!

Посвящается:

Калаеву Димитрию Набиевичу  
Вафаеву Абдулазизжон Рустамовичу  
Кольчугину Никите Сергеевичу  
Сарсенбаю Темирлану \_\_\_\_\_  
Имирову Эмиру Рамшидовичу  
\_\_\_\_\_ Артему \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ Николаю \_\_\_\_\_

Мольганов А.А. \_\_\_\_\_, 5 декабря 2022 года

# Предисловие



**Калаев Дмитрий Набиевич**

*Генеральный Директор*

ТОО «НПО «Группа Компаний «DOSTI»

Международный Эксперт WorldSkills по компетенции «Электроника»

Дорогие студенты!

Современное образование неуклонно отстает от темпов развития технологического прогресса, с внедрением в учебный процесс информационно-коммуникационных технологий, удалось создать революцию в рамках лишь нескольких дисциплин общего назначения.

Многие специальные дисциплины не получили должно развития по причине затратной материальной и временной составляющей, которая непосредственно возникает при внедрении новых элементов в учебный процесс.

Развитие практических навыков, адаптация к стремительно меняющемуся глобальному миру, развитие технологий и компетенций определяющих специалиста – является главной целью современного образования и должно быть закреплено как единственно верный вектор дальнейшего развития при подготовке кадров в условиях ускоренного развития цифровой экономики, государства и социума.

Учебное пособие знакомит читателя с универсальным роботом телескопического типа – *Rotrics Dex ARM*. С привлечением универсального робота – групповые и индивидуальные занятия по различным компетенциям и дисциплинам станут разнообразнее, насыщеннее благодаря различным образовательным методикам, на создание которых был вдохновение берут свое начало из возможностей самого робота.

Универсальный робот *Rotrics Dex ARM* лучше всего раскрывается в сфере программирования роботов и механизмов, построении робототехнических комплексов и систем, изучения основ мехатроники и механики с применением ЧПУ (прим. редакции – числового программного управления), а также благодаря модульности и открытой архитектуре, можно сменить модуль и использовать универсальный робот в качестве компактного 3D-принтера для печати несложных геометрических объектов из PLA+ пластика с самыми высокими экологическими свойствами.

Учебное пособие в первую очередь предназначено для школьников, студентов, инженеров-разработчиков и преподавателей общих, средне-специальных и высших учебных заведений, желающих прикоснуться к миру большой робототехники и мехатроники без использования громоздких комплексов и систем, для которых свойственно наличие огромного штата квалифицированных сотрудников и материально-технической базы.

Благодаря использованию в конструкции модульной архитектуры, *Rotrics Dex ARM* позволяет легко и «на лету» переключиться с одного модуля на другой, тем самым быстро изменив ваш производственный или образовательный процесс без переустановки программного и аппаратного обеспечения для благодаря универсальным коннекторам.

Благодаря использованию программного обеспечения написанного с нуля и скрывающего аппаратные и программные функции необходимые только для разработчиков, *Rotrics Studio* позволяет вам испытать качественно новый пользовательский опыт в сфере робототехники и мехатроники, реализовать принципиально иной способ управления универсальным роботом и воплощать любые идеи всего за несколько шагов.

Компания-создатель универсального робота *Rotrics Dex ARM* позволяет всем заинтересованным лицам вложить частицу души в робота, путем создания дополнительного аппаратного и программного обеспечения, благодаря свободному *API* (Application Programming Interface – с англ. *интерфейс программирования приложений*) в виде программного кода написанного на языках *Python* и *G-Code*. С помощью свободного *API*, вы можете с легкостью управлять вашим универсальным роботом и модулями с помощью языков программирования *Python* и *G-Code*. Универсальный робот является лишь фундаментальной базой для создания более сложных и комплексных проектов и систем.

Автор и коллектив корректоров выражает огромную благодарность Генеральному директору компании «ТОО «НПО «Группа Компаний «DOSTI» Калаеву Димитрию Набиевичу за предоставленную материально-техническую помощь и моральную поддержку при создании учебного пособия.



# Содержание



## Предисловие

4



## Глава 1. Конструкция робота и механическая модель перемещения в пространстве

7

- |                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 1.1. Робототехника как наука                    | 8  |
| 1.2. Техника безопасности при работе с роботом  | 12 |
| 1.3. Первоначальная настройка робота            | 14 |
| 1.4. Механическая конструкция робота            | 19 |
| 1.4.1. Однозвенный механизм                     | 28 |
| 1.4.2. Двухзвенный механизм                     | 31 |
| 1.4.3. $n$ -звенный механизм                    |    |
| 1.4.4. Трехзвенный механизм                     |    |
| 1.4.5. Схват объектов манипулятором             |    |
| 1.5. Пространственная модель перемещения робота |    |
| 1.5.1. Матричное представление координат        |    |



## Глава 2. Программирование робота на языке Scratch

- 2.1. Основы программирования на языке Scratch
- 2.2.



## Глава 3. Программирование робота на языке Python

- 3.1. Установка программного окружения
- 3.2. Основы программирования на языке Python



## Глава 4. Программирование робота с помощью DIY-модуля

- 4.1. Установка программного окружения
- 4.2. Знакомство с платформой Arduino
- 4.3.



## Эпилог



## Дополнительные материалы



## Список использованных материалов



## Список использованных графических материалов

*Все права сохранены. Копирование, воспроизводство без разрешения автора или правообладателя запрещено и преследуется по закону! При цитировании, обязательно использовать инициалы автора и компании вместе, через запятую, указав также год и идентификатор печатной продукции*



«Rotrics DEX ARM. Учебное пособие», 2023. – 100 с.: ил., г. Алматы  
Копия № \_\_\_\_\_ Версия № \_\_\_\_\_ Идентификатор № \_\_\_\_\_  
Комментарий \_\_\_\_\_



# Глава 1

## Конструкция робота и механическая модель перемещения в пространстве

---

**Робототехника** – невероятно сложная и комплексная наука, стоящая на пересечении нескольких фундаментальных и прикладных сфер жизнедеятельности человека, робототехника это слияние математических законов перемещения предметов в физическом пространстве, программного кода для специальных микроконтроллерных платформ и искусственного интеллекта для обработки сотен гигабайтов данных в промышленных объемах.

Проектирование и реализация самого простого робота-манипулятора всего лишь с двумя степенями свободы по осям  $X$  и  $Y$ , требует практического знания законов электротехники и микроэлектроники, программирования микроконтроллерных платформ и основ векторной алгебры для понятия самой сути пространственного движения робототехнических систем и объектов.

**Rotrics Dex ARM** снижает порог вхождения в робототехнику и мехатронику, с помощью упрощения некоторых незначительных аппаратных и программных технических процессов, один из трудоемких процессов – проектирование программного кода для микроконтроллерных платформ. Каждая платформа и микроконтроллер имеет разную архитектуру, назначение, форм-фактор и что самое главное – требуется огромное количество времени на изучение документов с тысячами страниц для каждого типа микроконтроллера, поэтому не всегда имеет смысл изучать огромную документацию если ваше стремление – изучение робототехники и мехатроники как науки с уклоном на прикладное решение актуальных задач, процессов и проблем.

Первая глава повествует вам читателю о конструкции робота, первоначальной настройке робота, изучение его механической модели перемещения в пространстве, и что самое главное – дает ответы на большинство фундаментальных вопросов о принципах робототехники и немного затрагивает более сложную науку – мехатронику.










## § 1.1 Робототехника как наука

Что же такое *робототехника* и *мехатроника* как наука, почему они имеют такое *положение* в обществе и как скоро мы сможем отдать бытовые операции *роботам*?



**Мехатроника** (на англ. – *mechatronics*) – область науки, основанная на системном объединении и связи следующих компонентов как неделимой комплексной системы (см. Рисунок 1.2):

	<i>Узлы точной механики</i>	шестерни, приводы, шкивы и направляющие
	<i>Датчики состояния внешней среды</i>	датчики расстояния и ориентирования в пространстве
	<i>Источники энергии</i>	аккумуляторные батареи, высокочастотные элементы питания
	<i>Исполнительные механизмы</i>	сервопривод, рукоподобный манипулятор
	<i>Вычислительные устройства</i>	микроконтроллеры, микропроцессоры и одноплатные компьютеры (на англ. – <i>single board computer</i> )

**Мехатронная система** – единый комплекс электромеханических (сервопривод), электрогидравлических (пневмо или гидро-цилиндры), электронных элементов и средств вычислительной техники (микроконтроллер и микропроцессор), между которыми осуществляется постоянный обмен информацией и электроэнергией, объединенный общими системами автоматического управления, питанием и аппаратно-программными элементами искусственного интеллекта и машинного обучения/зрения.

**Робототехника** (на англ. – *robotics*) – область науки, ориентированная на проектирование, производство и сборку роботов и робототехнических систем, построенных на базе мехатронных модулей с использованием составных частей.

**Роботы и робототехнические системы** предназначены для выполнения рабочих производственных операций от микро- до макро размерностей, в том числе с заменой человека на специфических объектах рабочей деятельности с высоким уровнем риска для жизни (см. Рисунок 1.2).

	Информационно-сенсорный модуль	датчики расстояния и ориентирования в пространстве
	Исполнительный модуль	рукоподобный манипулятор или части механизма





Управляющий модуль

микроконтроллеры, микропроцессоры и одноплатные компьютеры (на англ. – *single board computer*)

Как мы с вами видим, робототехника и мехатроника очень сильно связаны друг с другом и никак не могут существовать в отрыве друг от друга. Поэтому, сложив всю изученную нами информацию, мы можем составить ниже изображенную картину технологического мира, с указанием областей:



Механика

шестерни, приводы, шкивы и направляющие, сервоприводы и целые манипуляторы



Электроника

микроконтроллеры, микропроцессоры и одноплатные компьютеры

	<i>Управление</i>	управление механическими частями системы с помощью датчиков, логических элементов и интегральных схем
	<i>Программное обеспечение</i>	программный код, спроектированный для автономного или дистанционного управления роботом
	<i>Электромеханика</i>	преобразование электрической энергии в механическую, например коллекторный или шаговый электродвигатель
	<i>Цифровое управление (ЦУ)</i>	управление системой основанной на преобразовании дискретных и аналоговых сигналов с помощью интегральных схем
	<i>CAD/CAM</i>	CAD – автоматизированная система проектирования устройств или комплексов, CAM – автоматизированная система для подготовки устройств с числовым программным управлением
	<i>Схема управления</i>	проектирование схемы управления системой с помощью программного кода, синтез, анализ и декомпозиция алгоритмов управления системой
	<i>Системное моделирование (СМ)</i>	виртуальное моделирование системы в максимально реальных условиях с помощью программного обеспечения
	<i>Датчики</i>	датчики расстояния и ориентирования в пространстве, датчики определения температуры, влажности воздуха
	<i>Микроконтроллер</i>	интегральная схема, предназначенная для управления электронными устройствами, имеет встроенную оперативную и постоянную память, центральный микропроцессор, системы питания и ввода/вывода информации
	<i>Симуляция (СЛ)</i>	имитация смоделированной системы при помощи механической или компьютерной системы с помощью алгоритмов искусственного интеллекта

Стремительное развитие мехатроники и робототехники позволило достичь колоссального прогресса в области автоматизации производств, упрощения логистических процессов и создания безопасных условий труда для сотрудников по всему миру. В конце 70-х годов XX века, благодаря появлению интернета как всеобщего способа коммуникации, на стыке мехатроники и робототехники появилась новая техническая наука – **системотехника**.

**Системотехника** (на англ. – systems engineering) – область науки, ориентированная на проектирование, создание, испытание и эксплуатацию сложных

систем технического и социально-инженерного характера, например завод Fab 2 компании TSMC выпускающий кремниевый пластины с интегральными чипами расположенными на специальной подложке с технологическими нормами допуска не менее 5 нм. Для сравнения человеческий волос имеет длину 400 нм, применение современных лазеров, ультрафиолетовых источников света, мехатронных и робототехнических систем позволило создать транзистор, который в 80 раз меньше человеческого волоса. Сооружением таких заводов и занимается такая специальная область науки как системотехника (см. Рисунок 1.3).

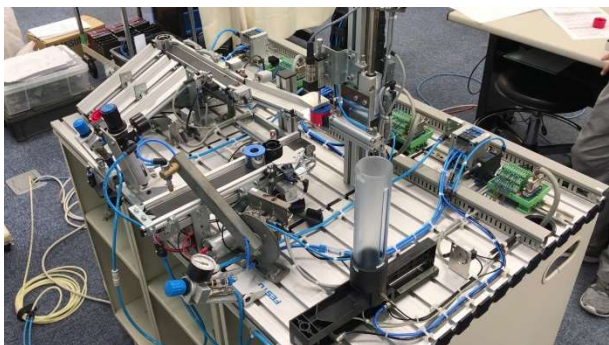


Рисунок 1.1.1 – Мехатронный модульный стенд Festo Dynamics

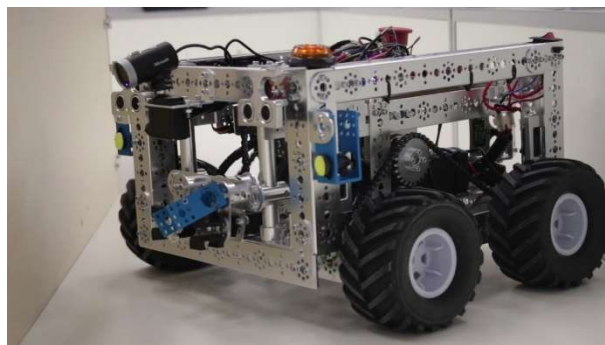


Рисунок 1.1.2 – Робототехнический конструктор Studica WorldSkills Shanghai 2022

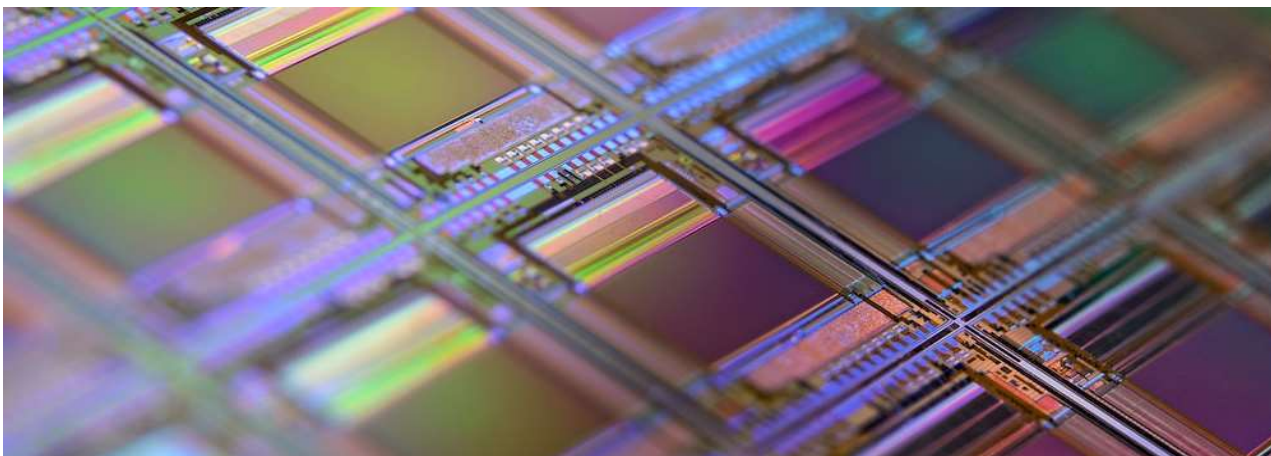


Рисунок 1.1.3 – Система на чипе (на англ. – SoC)



## § 1.2 Техника безопасности при работе с роботом

Итак, ваш Rotrics Dex ARM уже доставлен до вас, и вы скорее спешите начать с ним работу. Но перед этим, вам необходимо ознакомиться с техникой безопасности, потому что робот это техническое средство повышенной опасности; например в нем есть лазерный излучатель, способный при длительном нахождении в зоне действия повредить хрусталик человеческого глаза и навсегда лишить вас зрения.

Всегда, перед началом работы с роботом необходимо убедиться в следующем:



Поверхность куда вы хотите расположить робота чистая, ровная, не скользкая, имеет хорошую геометрию относительно земли, и при этом имеет размер не менее чем **1200 x 750 x 500 мм** по стандартной шкале ШВГ (прим. редакции – ширина, высота, глубина);



Персональный компьютер или ноутбук на борту имеет операционную систему не ниже чем **Microsoft Windows 10 21H1, Canonical Ubuntu 21.04 LTS, Apple macOS 11** с необходимым программным обеспечением, об установке которого говорится в следующих параграфах;



Персональный компьютер или ноутбук не использует пространство описанное в п.1. и не контактирует с **описанным габаритами** для комфортной работы;

После того как вы достали коробку с роботом из транспортировочной упаковки, вы можете увидеть несколько разных коробок в зависимости от заказанной комплектации:



- Робот + конвейерная лента – две коробки;
- Робот + конвейерная лента + модуль «3D-печать» - три коробки;
- Робот + модуль 3D-печати – две коробки;
- Робот + конвейерная лента + модуль «3D-печать» + защитная камера + модуль «DIY-разработка» - пять коробок.



Внешний вид коробки с роботом будет выглядеть примерно так (оформление коробки может меняться в процессе появления новых версий робота):





Рисунок 1.2.1 – Лицевая часть коробки

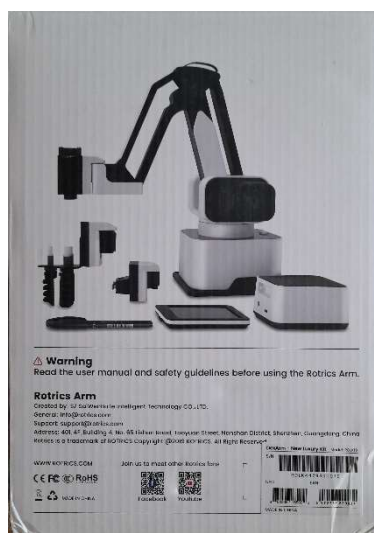


Рисунок 1.2.2 – Тыльная часть коробки

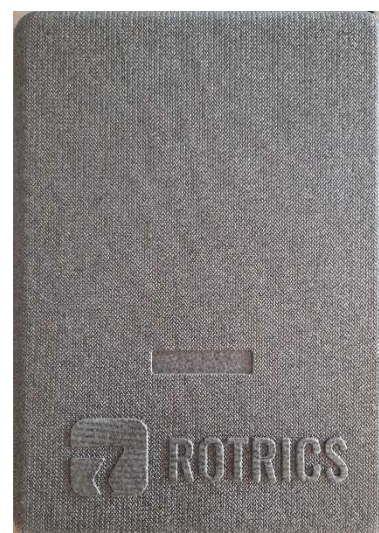


Рисунок 1.2.3 – Чехол с роботом внутри



**Внимание!** В комплекте с роботом включен пневматический блок для работы пневматического захвата и клешни. Не используйте поврежденные кабели, пневматические воздушные каналы, стороннее оборудование и элементы которые не прошли испытания на устойчивость к высокому давлению внутри замкнутого контура пневматической системы!

**Сервисное обслуживание должен проводить квалифицированные специалист!**



**Внимание!** В комплекте с роботом включен модуль с лазерным источником света для работы в режиме выжигания изображений на деревянных поверхностях. Не используйте поврежденный модуль и иные лазерные оптические источники света а также другое стороннее оборудование которое не прошло испытания на соответствие корректной работы с роботом!

**Сервисное обслуживание должен проводить квалифицированные специалист!**



**Внимание!** Математическая перемещения робота в пространстве имеет ограничения по зоне действия, если вы стали свидетелем некорректной работы манипулятора и выполнения несвойственных ему действий, просим вас выключить робота нажав на клавишу выключения у основания.



## § 1.3




### Первоначальная настройка робота

После проведения необходимого инструктажа на технике безопасности для всех лиц которые будут прямо или косвенно взаимодействовать с роботом, давайте проведем первоначальную настройку робота. Перед настройкой обязательно иметь персональный компьютер или ноутбук с выходом в интернет, а также свободную поверхность согласно описанным требованиям в «§ 1.2. Техника безопасности».



Рисунок 1.3.1 – Общий вид собранного робота

Первоначальная настройка робота очень важный этап, который прямо влияет на срок службы и правильность выполнения программного кода. Настройка позволяет избежать множества ошибок, при этом вы параллельно изучаете на практике строения робота с программной части. Для продолжения настройки, необходимо ознакомиться с характеристиками и массогабаритными свойствами робота:

	Точность операций робота	0,05 мм
	Размер упаковки робота (см. Рисунок 1.2.3)	220 x 155 x 160 мм
	Размер полностью собранного робота (см. Рисунок 1.3.1)	175 x 128 x 315 мм

**Шаг 1**

Извлеките коробку изображенную на Рисунке 1.2.1 и 1.2.2 из транспортировочной упаковки

**Шаг 2**

Извлеките черную матовую коробку изображенную на Рисунке 1.2.3

**Шаг 3**

Переведите защитные направляющие на черной матовой коробке в положение «**Open**», затем откройте черную матовую коробку с роботом

**Шаг 4**

После открытия коробки, первоначально надо вытащить и поставить робот на заранее подготовленную поверхность, требования которой описаны в «§ 1.2. Техника безопасности»

**Шаг 5**

Подсоедините **блок питания «220В – 12В»** сначала к роботу и только затем в гарантированно обесточенную розетку для исключения преждевременной подачи электропитания (см. Рисунок 1.3.2)

**Шаг 6**

Подсоедините робот к персональному компьютеру или ноутбуку с помощью кабеля «**USB Type-B – USB Type-C**», обратите внимание что порт в персональном компьютере или ноутбуке обязательно должен быть не выше стандарта USB 2.0

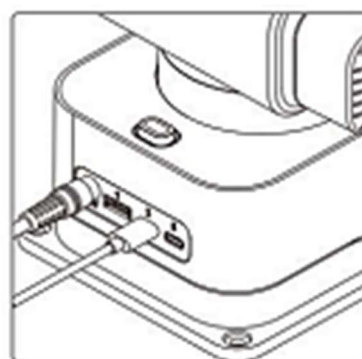


*Обратите внимание, что остальные кабели служебные и предназначены для связи робота и дополнительных модулей*

**Шаг 7**

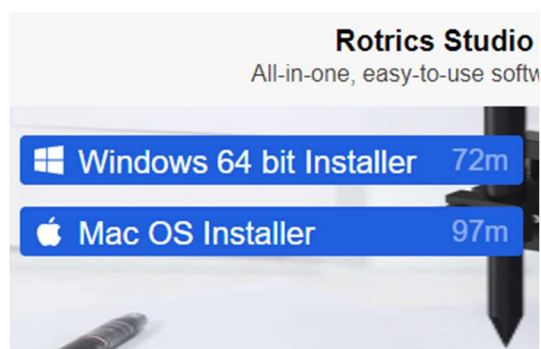
Выполните подключение согласно следующему изображению (слева-направо):

- Порт питания – питание от блока;
- Порт №1 – Кабель «USB Type-A – USB Type-C»;

**Шаг 8**

Скачайте программное обеспечение «**Rotrics Studio**» по ссылке в зависимости от вашей целевой операционной системы:

<https://rotrics.com/pages/downloads>

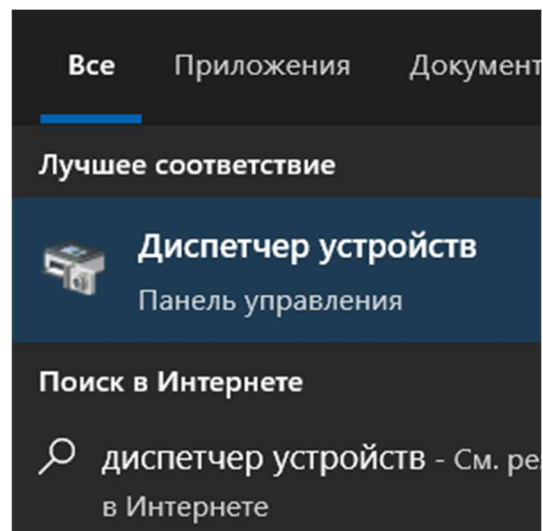




**Шаг 9**

После установки необходимого программного обеспечения и подключения робота к персональному компьютеру или ноутбуку, убедитесь, что подключение прошло успешно.

Для этого перейдите в меню поиска, сочетанием клавиш **Win + S**, и введите «**Диспетчер устройств**» как показано на изображении:

**Шаг 10**

В диспетчере устройств, найдите вкладку «**Порты (COM и LPT)**».

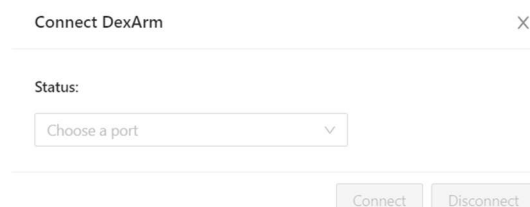
При открытии этой вкладки будет показан подключенный робот с номером порта который был присвоен операционной системой:

**Шаг 11**

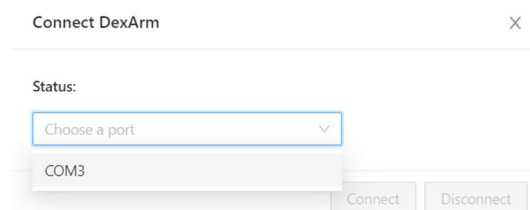
После успешного подключения робота, откройте «**Rotrics Studio**», на верхней панели инструментов нажмите на кнопку изображенную правее:

**Шаг 12**

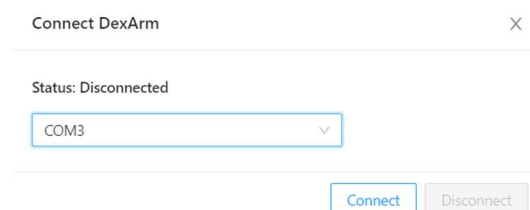
В открывшемся диалоговом окне «**Connect DexArm**», вам будет представлена информация о статусе подключения к роботу.

**Шаг 13**

В поле «**Choose a port**» выберите порт который был обозначен в «**Диспетчере устройств**» как «**STMicroelectronics Virtual COM Port (COM\_Номер\_порта)**»

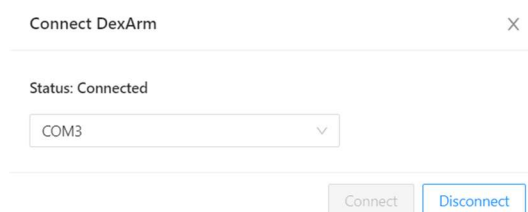
**Шаг 14**

После выбора доступного порта, нажмите на кнопку «**Connect**» для подключения к роботу



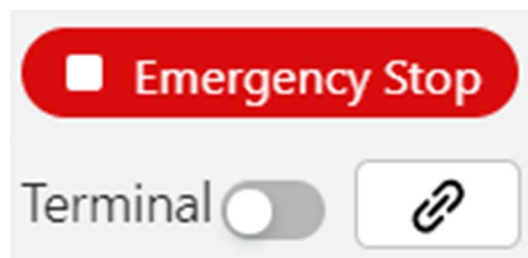
## Шаг 15

Далее, после подключения к роботу, в диалоговом окне автоматические изменится статус с «**Disconnected**» на «**Connected**», что означает успешное подключение к роботу и можно приступить к полноценной работе с ним



## Шаг 16

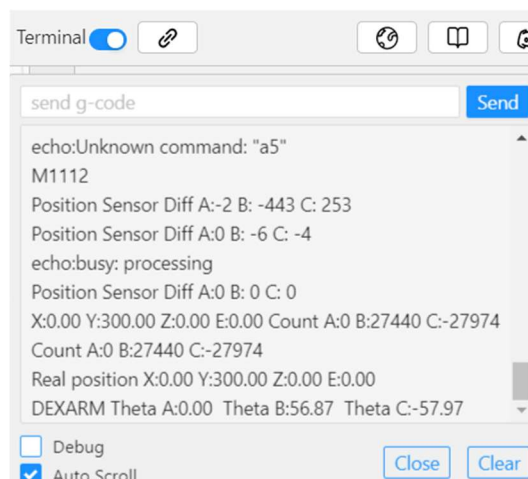
Обратите также внимание, что в случае успешного подключения к роботу, на верхней панели инструментов у вас сразу же станут доступны элементы **экстренной остановки робота** (Emergency Stop) и **терминал** с полной статистикой работающий в **асинхронном режиме**.



## Шаг 17

При открытии терминала в нем будет отображаться информация об отправленных командах, расположении робота, датчиков, угловая и осевая скорость робота.

При этом в терминале также есть возможность отправки команд напрямую, их описание можно найти в «**Дополнительные материалы**», при это можно также включить режим «**Debug**», которые дает более подробную информацию о состоянии робота, а также используется для отладки программного кода на языке Python

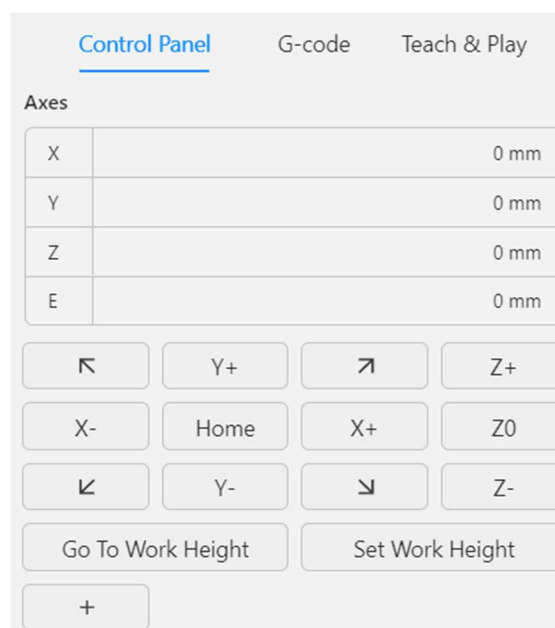


## Шаг 18

На панели управления роботом «**Control Panel**» в Rotrics Studio, нажмите кнопку «**Home**».

Данная кнопка отвечает за отправку команды «**home**» роботу на стандартизированном языке **Marlin** (G-Code).

Этот язык применяется при программировании промышленных станков и другого оборудования с числовым управлением для лучшей точности в производственных операциях



**Шаг 19**

Проверьте пожалуйста еще раз расположение робота, правильность установки, кабель-менеджмент, если появились недостатки первоначальной установки робота на поверхность, исправьте их.

Поздравляем!

**Шаг 20**

Первоначальная настройка робота завершена, далее вам необходимо ознакомиться с конструкцией робота, его моделью перемещения чтобы быть уверенным в исполняемых операциях робота и продлить срок службы работы.



Рисунок 1.3.2 – Вид на полный комплект с дополнительными элементами



## § 1.4 Механическая конструкция робота

**Rotrics Dex ARM** является многозвенным манипулятором. **Манипуляторы** – наиболее распространенные типы роботов, при этом они одни из самых сложных в освоении и настройке. Большая часть всех манипуляторов по конструкции фундаментально делится на два типа:

Таблица № 1.4.1 – Типы роботов манипуляторов

№	Тип	Конструкция	Пример
1	Многозвенные манипуляторы	Манипулятор этого типа имеет <b>разомкнутую кинематическую цепь</b> , причем звенья <b>связаны</b> плоскими шарнирами либо другими механизмами.  <i>Пример</i> – Fanuc LR Mate 200iC 5L	
2	Дельта-роботы	Манипулятор этого типа имеет <b>замкнутую кинематическую цепь</b> и построен так, что рабочая платформа имеет <b>постоянную ориентацию параллельно некоторой</b> , чаще всего горизонтальной плоскости  <i>Пример</i> – Omron Sysmac Delta	

**Rotrics Dex ARM** с точки зрения конструкции является многозвенным манипулятором с 4-степенями свободы, на бумаге – в литературе, документах и книгах обычно обозначают **4DOF** (с англ. DOF – поддержка пространственного перемещения по четырем осям или зонам, так как в работе содержится 4 шаговых электродвигателя для регулировки положения в пространстве).

Одной из отличительной особенностью робота является модульность и адаптация к изменению режима работы. Для этого на конце манипулятора есть специальные направляющие и стандартизированный унифицированный контактный разъем который осуществляет связь между роботом и установленным модулем (см. Рисунок 1.4.2).

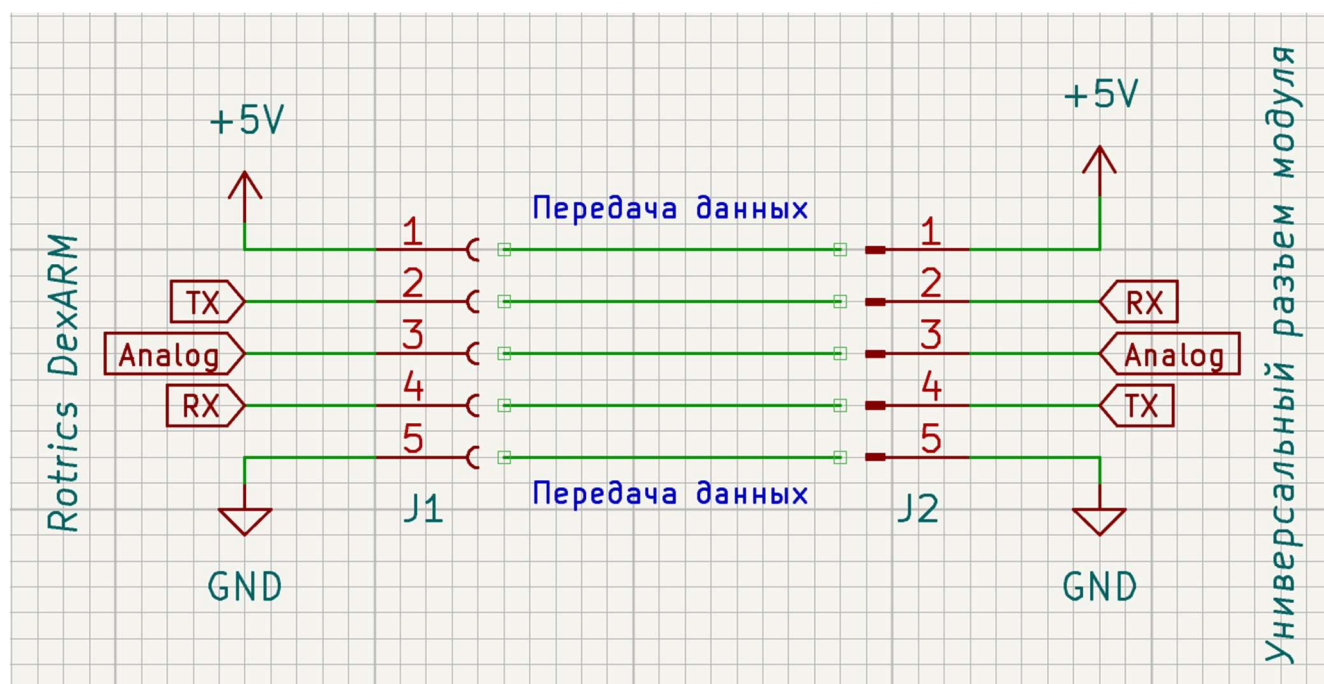
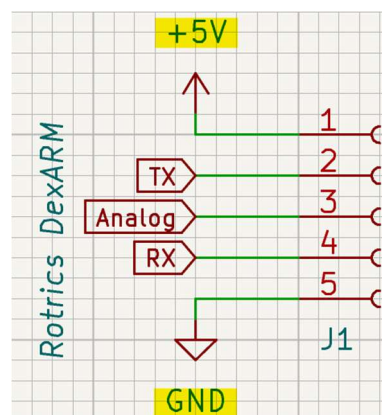


Рисунок 1.4.2 - Электрическая схема разъемов Rotrics DexARM и любого модуля

Разъем представляет из себя пяти-контактный медный коннектор, в котором предусмотрены следующие контакты для питания и передачи данных в асинхронном режиме:

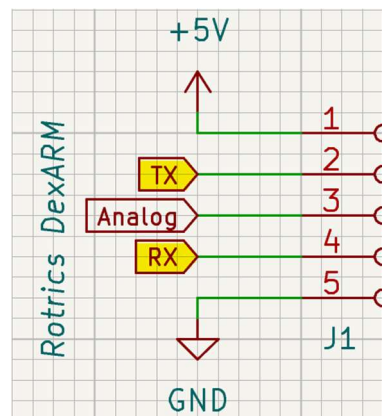
- 1 **Контакты питания** (2 штуки, расположены с концов) - **+5V** и **GND** для подачи положительного электрического тока с номинальным напряжением 5В (вольт) и мощность 1А (ампер);



**Контакты передачи данных**, унифицированные по стандарту протокола **UART** (2 штуки, расположены с концов после контактов питания) – **RX** и **TX**.

- 2 С английского сокращение RX означает **reciever** – получатель, а TX означает **transmitter** – источник.

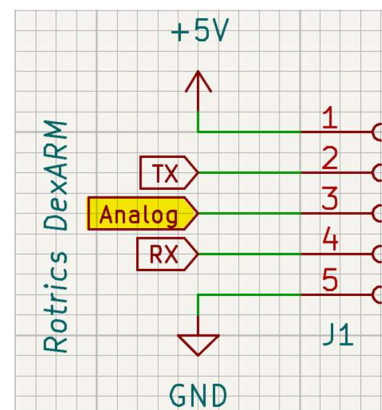
При этом передача информации осуществляется в асинхронном режиме, то есть в обе стороны с соблюдением всех согласований по уровню сигнала, его мощности и скважности;





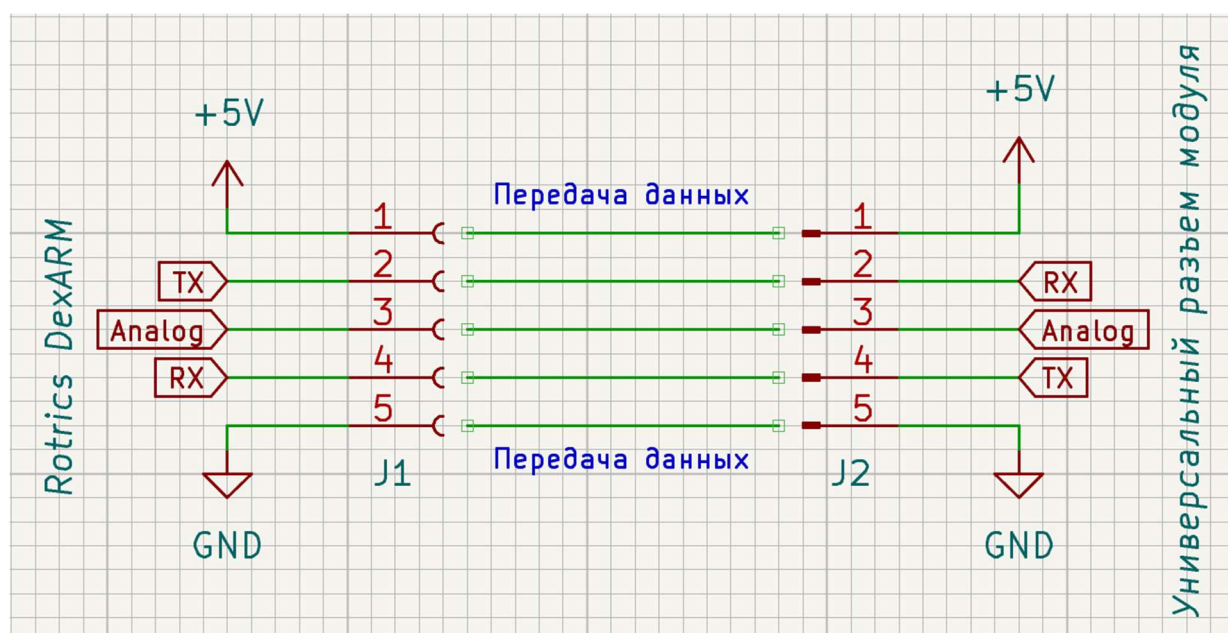
3

**Контакт аналоговый** (1 штука, находится в середине) – позволяет использовать специальные модули в которых содержится аналоговое управление, например пневматический захват который может поворачивать конструкцию захвата по часовой или против часовой стрелки путем перевода градусной меры в аналоговый сигнал, который будет обработан роботом и конструкция захвата повернется против или по часовой стрелки на необходимую градусную величину.



Передача данных осуществляется по линия в середине, выделенные синим цветом и называются «**Передача данных**», при этом, обратите внимание, что контакты RX и TX у модуля и Rotrics DexARM меняются местами при подключении, это нужно для соблюдения асинхронного режима работы и мгновенного получения информации:

4



После того как мы разобрались с разъемами подключения, необходимо также рассказать какие вообще существуют модули, их разновидности, детали использования и другая не менее полезная информация. Далее, внизу будет отображена информация о преимуществах и недостатках каждого из модулей, их слабые места и критические изъяны в конструкции которые способны нанести вред конструкции робота или помешать выполнить команду. Обратите внимание, что внешний вид модулей может незначительно отличаться от предыдущей версии, но архитектурно различные версии модулей одинаковы и взаимозаменяемы между собой.

1

## Модуль Holder

Модуль предназначен для создания графических элементов с помощью пишущего элемента (например канцелярская ручка, простой карандаш или цветной фломастер) на офисной бумаге любого стандарта, но при этом, размер рисунка ограничен возможностями робота, чаще всего оптимальный размер устанавливается не более чем 100 x 150 мм.

**Преимущества:**

- Легкая настройка;
- Хорошее качество детализации рисунка;
- Возможность оптимизации алгоритма рисования;
- Приемлемая скорость создания изображения;
- Поддерживает любой тип канцелярских принадлежностей – ручка, карандаш, фломастер и т.д.;

**Недостатки:**

- Необходимость настройки высоты после выполнения каждого изображения;
- Низкая точность при изображении мелких предметов на бумаге;
- Высокие требования к чистоте поверхности где будет изображен рисунок.

2

## Модуль 2.5W Laser

Модуль предназначен для создания графических элементов с помощью лазерной оптической системы номинальной мощностью 2.5 Вт на деревянной или пластиковой подложке.

Размер рисунка также ограничен возможностями робота, чаще всего оптимальный размер устанавливается не более чем 100 x 150 мм.

**Преимущества:**

- Легкая настройка;
- Хорошее качество детализации рисунка;
- Возможность оптимизации алгоритма рисования;
- Приемлемая скорость создания изображения;
- Баланс между точностью и мощностью, благодаря 2,5 Вт номинальной мощности, изображения точные и аккуратные.

**Недостатки:**

- Необходимость настройки оптической системы линз после выполнения каждого изображения;
- Низкая точность при изображении мелких предметов на деревянной поверхности;



3

## Модуль 3D Print

Модуль предназначен для создания твердотельных полых или неполых объектов на основе смоделированной 3D-модели в САПР любой сложности поддерживающий вывод файлов в унифицированном стандартизированном формате «.stl».

Формат «.stl» предназначен для послойного выкладывания модели из пластика типа PETG, PLA+, PLA и ABS. Размер печатной области также ограничен возможностями робота, чаще всего оптимальный размер устанавливается не более чем 100 x 150 мм.

**Преимущества:**

- Хорошее качество детализации объекта;
- Возможность оптимизации алгоритма печати;
- Приемлемая скорость создания объекта;

**Недостатки:**

- Необходимость настройки системы печати после печати каждого объекта, при этом высокий риск загрязнения сопла и как следствие сопло очень быстро выходит из строя ;
- Низкая точность детализации объектов при печати мелких предметов;
- Требователен к качеству печатного материала;



4

## Модуль Air Picker

Модуль предназначен для перемещения объектов весом не более 150 грамм, на любое расстояние, при этом расстояние ограничено возможностями робота, чаще всего полезное пространство устанавливается не более чем 100 x 150 x 100 мм.

Главное отличие — это использование одного воздушного канала и одной присоски любого из трех возможных вариантов – малой, средней и большой площади всасывания.

**Преимущества:**

- Возможность вращения объекта на 360 градусов;
- Возможность оптимизации алгоритма перемещения и скорости объекта;
- Идеален для мелких объектов;

**Недостатки:**

- Низкая мощность всасывания деталей весом более 150 грамм;
- Требователен к частоте воздушного канала.



5

## Модуль Soft Gripper

Модуль предназначен для перемещения объектов весом не более 150 грамм, на любое расстояние, при этом расстояние ограничено возможностями робота, чаще всего полезное пространство устанавливается не более чем 100 x 150 x 100 мм.

Главное отличие — это использование трех воздушных каналов и трех клешней с изменяемой формой в зависимости от давления в главном воздушном канале.

**Преимущества:**

- Возможность вращения объекта на 360 градусов;
- Возможность оптимизации алгоритма перемещения и скорости объекта;
- Идеален для крупных объектов;

**Недостатки:**

- Низкая мощность всасывания деталей весом более 150-200 грамм;
- Требователен к частоте воздушного канала.



6

## Модуль Touch screen Device

Модуль предназначен для управления роботом без использования персонального компьютера или ноутбука с помощью интерфейса USB Type-C.

**Преимущества:**

- Возможность управления роботом без персонального компьютера или ноутбука;
- Идеален для использования в первое время;
- Позволяет реализовать возможность дистанционного телеуправления;

**Недостатки:**

- Недоступен весь функционал в отличие от Rotrics Studio.



7

## Модуль Sliding Rail Kit

Модуль предназначен для перемещения робота на значительные расстояния с помощью направляющих и шаговых электродвигателей.

**Преимущества:**

- Возможность расширения базовой площади работы робота;
- Идеален для моделирования производственных процессов;
- Позволяет реализовать возможность автоматизированного управления;

**Недостатки:**

- Низкая скорость перемещения робота при взятии объекта, нужно рассчитывать траекторию манипулятора при перемещении робота с помощью направляющей.

8

## Модуль Conveyor Belt Kit

Модуль предназначен для перемещения объектов с помощью конвейерной ленты, поддерживает работу в нескольких режимах (движение ленты вперед и назад), а также плавное изменение скорости и остановку ленты после определения объекта.

**Преимущества:**

- Возможность расширения базовой площади работы робота;
- Идеален для моделирования производственных процессов;
- Позволяет реализовать возможность автоматизированного управления;

**Недостатки:**

- Низкая скорость перемещения объектов на ленте;
- Массогабаритные характеристики перемещаемого объекта не должны выходить за 50 x 50 x 50 мм при весе не более 200 грамм.

9

## Модуль Computer Vision Kit

Модуль предназначен для распознавания объектов на основе различных цветовых моделей – RGB, CMYK и HSL. Используется в качестве видеоискателя объектов с итоговым разрешением Full HD – 1920 x 1080 пикселей. Обработка изображения происходит непосредственно на персональном компьютере или ноутбуке.

**Преимущества:**

- Возможность расширения возможностей робота и доавление машинного зрения для классификации объектов;
- Идеален для моделирования производственных процессов;
- Позволяет реализовать возможность автоматизированного управления;
- Высокое разрешение видеоискателя;
- Содержит подготовленные и обученные модели машинного зрения, которые можно сразу применить в обучении;

**Недостатки:**

- Для работы требует дополнительное программное обеспечение;
- Для разработки своей модели машинного обучения требуются знания в теории искусственного интеллекта, машинного и технического зрения, программирования.

10

## Модуль DIY-kit

Модуль предназначен для расширения возможностей робота. Имеет в своем составе асинхронные порты USB Type-C и контактную площадку, с помощью которой можно подключить дополнительное оборудования, например плату Arduino или Raspberry Pi.

**Преимущества:**

- Возможность расширения возможностей робота;
- Идеален для создания своих модулей;
- Позволяет реализовать возможность автоматизированного управления через платы Arduino или Raspberry Pi;

**Недостатки:**

- Низкая скорость обмена данными;
- При использовании модуля, автоматически из производственного процесса выпадает целый порт USB Type-C, который иногда нужен для подключения других модулей.

## 11

## Защитная камера

Защитная камера предназначена для создания безопасной зоны для робота. Камера это прозрачный куб, стенки которого выполнены из полимерного органического стекла с нанесением защитного слоя от лазерного оптического излучения при гравировке деревянных поверхностей с помощью модуля «**2.5W Laser**» или иных операций повышенной опасности.

**Преимущества:**

- Появляется пассивная защита робота от различных ситуаций;
- Идеален для гравирования по деревянным поверхностям из-за испускания лазерной оптической системой вредного ультрафиолетового излучения;

**Недостатки:**

- Камера не является полностью герметичной;
- Ограничивает рабочее поле робота на 50% по сравнению с обычным рабочим полем.






## § 1.4.1

### Однозвенный механизм

Для того чтобы дальше не запутаться, повторим основы и укажем что мы имеем ввиду когда говорим такие понятия как манипулятор и робот. С одной стороны они равнозначны и зачастую их заменяют друг другом, забывая при этом что это разные по смыслу слова.

Таблица 1.4.1.1 – Сравнение манипулятора и робота

<b>Манипулятор</b>	Механизм предназначенный для управления положением предметов в пространстве	
<b>Робот</b>	Устройство, предназначенное выполнения действий в пространстве с помощью вычислительных устройств	

**Конфигурационное пространство робота** – связь окружности, угловой скорости и скорости каждого звена манипулятора. Для более лучшего понимания, рассмотрим простейший манипулятор, который представляет собой одно звено, соединенное шарниром с **сервомотором**.

**Сервомотор** – поворотный привод или линейный привод, который позволяет точно контролировать угловое или линейное положение, а также скорость и ускорение (см. Рисунок 1.4.1.2).

Сервомотор позволяет контролировать положение звена в заданной плоскости на угол  $2\pi$ , поскольку площадь и длина окружности **зависят** от  $2\pi$ .

Поскольку мы взяли  $2\pi$  в качестве константы, то положение нашего манипулятор определяется одной величиной – **углом поворота** на заданный угол.

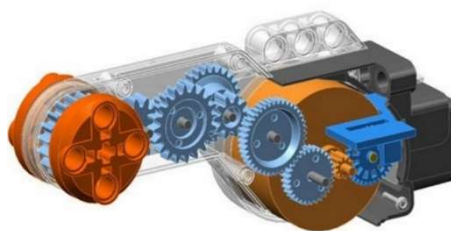


Рисунок 1.4.1.2 – Конструкция простейшего сервомотора.

В свою очередь, угол поворота определяется как длина дуги окружности единичного радиуса, то есть в радианах,  $1 \text{ радиан} = 57,3 \text{ градуса}$  или  $1 \text{ градус} = 0,017 \text{ радиан}$ .

- Для того чтобы перевести угол из **радианной** в **градусную** меру измерения, необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$\frac{180^\circ}{\pi} * \alpha \text{ (в радианах)}$$

- Для того чтобы перевести угол из **градусной** в **радианную** меру, необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$\frac{\pi}{180^\circ} * \alpha \text{ (в градусах)}$$

Следовательно, конфигурационное пространство нашего робота **эквивалентно** окружности которая будет обозначена символом  $S$ , если объект будет одномерным, то его обозначение будет  $S^1$ , следовательно:

1. **Эквивалентность** одного объекта другому означает что с помощью растяжений конструкции манипулятора и без разрывов можно их перевести друг в друга, например такая эквивалентность есть между кругом, квадратом, шаром и кубом, потому что все они являются объектами в трехмерном пространстве.
2. Но при этом, кольцо и круг **не являются эквивалентными** объектами, потому что наш манипулятор является также объектом в трехмерном пространстве, а кольцо и круг являются объектами принадлежащими двумерному пространству.

Здесь также нужно будет объяснить математическую составляющую которая предшествует вращению манипулятора на заданный угол в пространстве.

Пусть  $\varphi$  – **угол поворота звена**, отсчитываемый от некоторой оси (для упрощения назовем эту ось **полярной**), проходящей через шарнир, на котором закреплено звено нашего манипулятора. Пусть длина звена будет обозначена этим символом –  $r$ .

**Полярная система координат** определяется полярной осью – **лучом**, выходящим из полюса – **точки начала отсчета**, обозначим ее буквой  $O$ . А вот полярный координаты точки  $A$  – это **расстояние** до полюса  $r$  и **угол** между прямой  $OA$  и полярной осью (см. Рисунок 1.4.1.3).

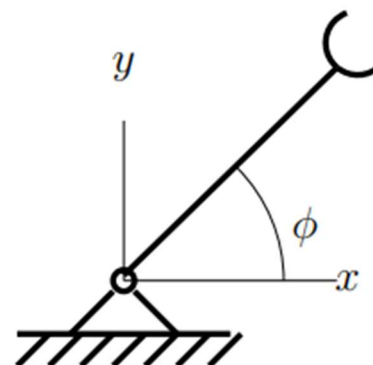


Рисунок 1.4.1.3 – Кинематическая модель перемещения однозвенного манипулятора относительно одной плоскости

Если мы продолжим далее, то обозначим взаимно ортогональные оси (прим. редакции – оси которые **перпендикулярны**) системы координат на плоскости, в которой может вращаться звено через оси  $x, y$ . Причем направление оси  $x$  **совпадает** с направлением полярной оси, а это значит что начало координат **совпадает** с нашим шарниром. Тогда координаты свободного конца звена нашего манипулятора с объектом могут быть определены по координате в конфигурационном пространстве  $\varphi$ :

$$x = r * \cos \varphi$$

$$y = r * \sin \varphi$$



Для нас физически это означает, что при закреплении одного конца звена, второй конец звена может перемещаться с радиусом, равным длине звена, который мы обозначили буквой  $r$ .

Подвижный конец звена обычно используется для рабочего инструмента, например сварочный аппарат или пневматический захват, в нашем же случае здесь расположено крепление для сменных модулей описанных выше. **Рабочее пространство** – область или зона, в которой может находиться рабочий инструмент манипулятора.



## § 1.4.2

### Двухзвенный механизм

На основе однозвенного механизма, был создан двухзвенный. Он сложнее в несколько раз из-за второго звена, механику которого нужно дополнительно рассчитывать.

Для простоты вычислений и понимания, обозначим звенья цифрами 1 и 2. Пусть один конец первого звена шарнирно закреплен так, что звено может вращаться вокруг точки закрепления в плоскости.

Второй конец первого звена соединен с первым концом второго звена (см. Рисунок 1.4.2.1). В шарнирном соединении второго звена могут быть разные варианты в зависимости от целей конструкции, нагрузки и материалов изготовления.

Ось шарнира  
ортогональна  
первому звену



Ось шарнира  
совпадает  
с направлением  
первого звена

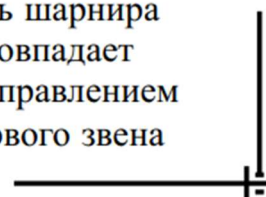


Рисунок 1.4.2.1 – Варианты сочленения звеньев двухзвенника

### Значение угла для вращения двухзвенного механизма:

Пусть угол  $\alpha \in [0, \pi)$  – угол между осями вращения шарнира 1 и шарнира 2. Этот угол  $\alpha$  является постоянным и определяется конструкцией сочленения звеньев:

- Если угол  $\alpha = 0$ , тогда звенья 1 и 2 всегда лежат в одной и той же плоскости;
- Если угол  $\alpha = \frac{\pi}{2}$ , тогда звенья 1 и 2 вращаются в ортогональных (прим. редакции – перпендикулярных) плоскостях.

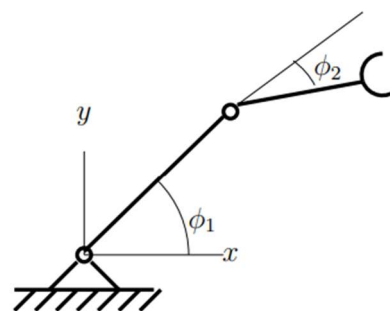


Рисунок 1.4.2.2 – Кинематическая схема двухзвенника

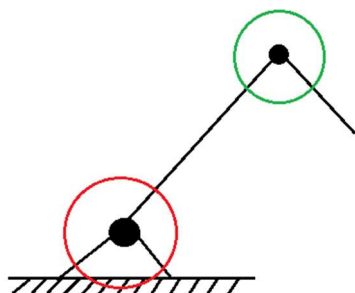


Рисунок 1.4.2.3 – Вид на механику поворота звеньев

Положение каждого звена можно определить, воспользовавшись значениями углов поворота звеньев. Таких углов два, следовательно, наше с вами конфигурационное пространство двухзвенника можно представить как произведение двух окружностей  $S^1 * S^2$ , потому что у нас два звена, а значит они будут описывать две окружности, на Рисунке 1.4.2.3, звенья описывают две окружности зеленого и красного цветов.