

**УДК 621.865.8**

## **РАЗРАБОТКА РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА С ЧЕТЫРЬМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ**

Протасов Никита Игоревич

*Студент 3-го курса*

*кафедра «Металлорежущие станки»*

*Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана*

*Научный руководитель:*

*Руднев С. К., старший преподаватель кафедры «Металлорежущие станки»*

*Калаев А.С., старший преподаватель кафедры «Металлорежущие станки»*

### **Аннотация**

**В рамках данного проекта осуществлена разработка малогабаритного робота манипулятора, имеющего пять степеней свободы, целью которого является перемещение заготовок весом до 1 кг.**

### **Введение**

Промышленные роботы стали неотъемлемой частью предприятий любого уровня, и с каждым годом спрос на данное изделие только увеличивается. Важнейшими достоинствами является: минимизация деятельности человека в производственном процессе, повышение качества выпускаемой продукции. Одним из наиболее востребованных типов промышленных роботов – роботы-манипуляторы. Эти роботы являются универсальными инструментами для выполнения различных задач на производстве благодаря своей гибкости и точности работы.

Робот-манипулятор – это автоматическая машина, состоящая из исполнительного устройства, а также из устройства программного управления, которая служит для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций. Такие роботы производятся в напольном, подвесном и порталном исполнениях.

Роботы-манипуляторы широко применяются в различных отраслях промышленности, включая автомобильную, электронную, пищевую и фармацевтическую промышленность. Они выполняют такие задачи, как сборка, сварка, окраска, упаковка и контроль качества. Благодаря возможности программирования, роботы-манипуляторы легко адаптируются к изменениям в производственном процессе и могут выполнять сложные операции с высокой точностью.

Основными компонентами робота-манипулятора являются механическая рука, система привода, датчики и система управления. Механическая рука состоит из звеньев и суставов, которые имитируют движения человеческой руки. Система привода обеспечивает движение звеньев, используя электромоторы, гидравлические или пневматические приводы.

В процессе работы были решены следующие задачи:

1) Прямая и обратная задача кинематики

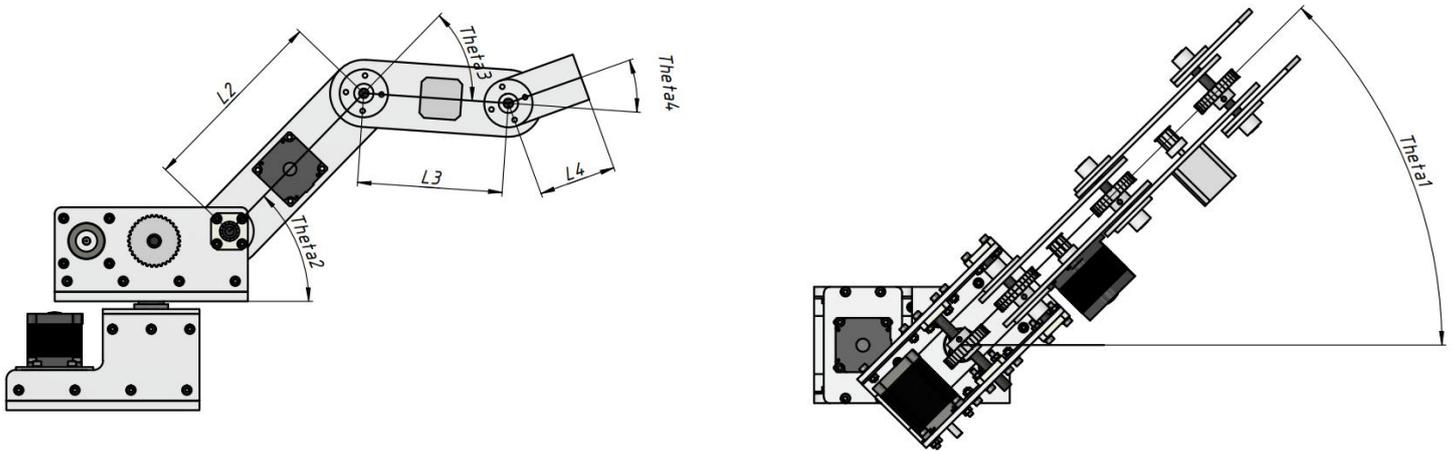


Рис. 1.1. Обозначения применяемых углов и длин плеч

а. Прямая задача

$\theta_1$  — угол вращения вокруг оси Z;  
 $\theta_2$  — угол поворота первого плеча относительно оси XY;  
 $\theta_3$  — угол второго плеча относительно первого;  
 $\theta_4$  — угол третьего плеча относительно второго;  
 $L_2$  — длина первого плеча;  
 $L_3$  — длина второго плеча;  
 $L_4$  — длина третьего плеча;  
 $X_p = (L_2 \cdot \cos(\theta_2) + L_3 \cdot \cos(\theta_2 + \theta_3) + L_4 \cdot \cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4)) \cdot \cos(\theta_1)$ ;  
 $Y_p = (L_2 \cdot \cos(\theta_2) + L_3 \cdot \cos(\theta_2 + \theta_3) + L_4 \cdot \cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4)) \cdot \sin(\theta_1)$ ;  
 $Z_p = L_2 \cdot \sin(\theta_2) + L_3 \cdot \sin(\theta_2 + \theta_3) + L_4 \cdot \sin(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4)$ ;

б. Обратная задача

Угол, на который повернулось основание робота равен:

$$\theta_1 = \arctg(Y/X);$$

Находим расстояние  $r$  проекции конечного вектора в плоскости XZ:

$$r = \sqrt{X^2 + Z^2};$$

Используя теорему косинусов находим угол наклона второго плеча  $\theta_3$ :

$$\theta_3 = \arccos\left(\frac{r^2 + Z_p^2 - L_2^2 - L_3^2 - L_4^2}{2 \cdot L_2 \cdot (L_3 + L_4)}\right);$$

Аналогично вычисляется угол третьего плеча

$$\theta_2 = \arctg\left(\frac{Z_p}{r}\right) - \arctg\left(\frac{L_4 \cdot \sin(\theta_3 + \theta_4)}{L_2 + L_3 \cdot \cos(\theta_3)}\right);$$

2) **Рассчитана рабочая зона робота**

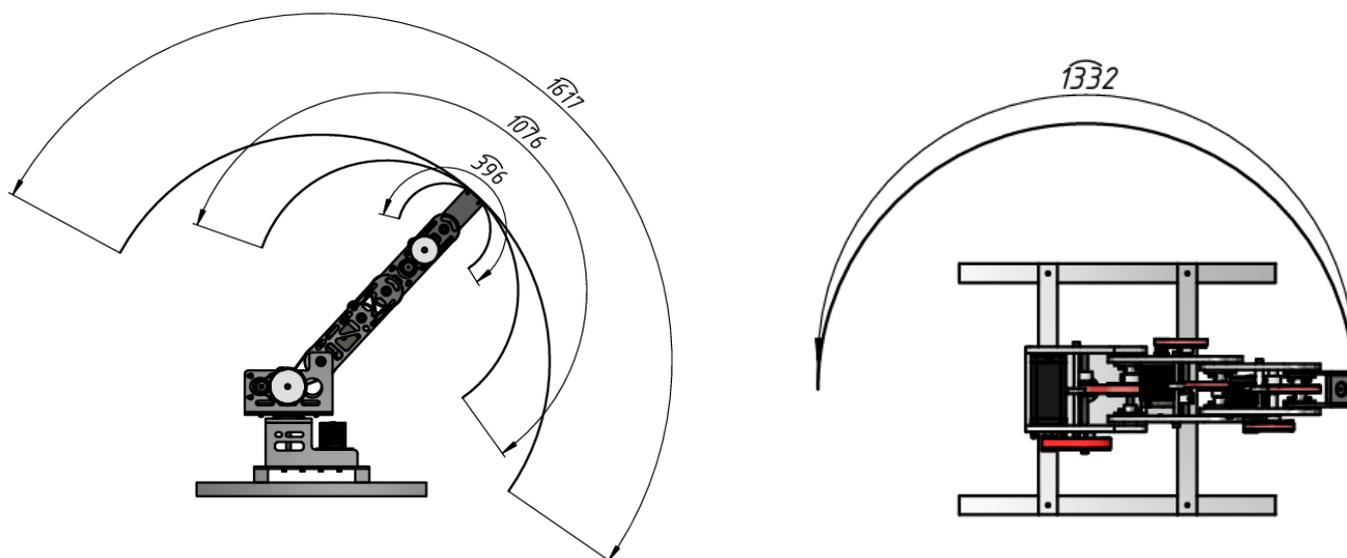


Рис. 2.1. Рабочая зона робота

Рабочая зона манипулятора — это пространство, в котором он способен перемещать устройство захвата. Она зависит от длины плеч, углов вращения и компоновки робота.

---

3) **Проектирование робота**

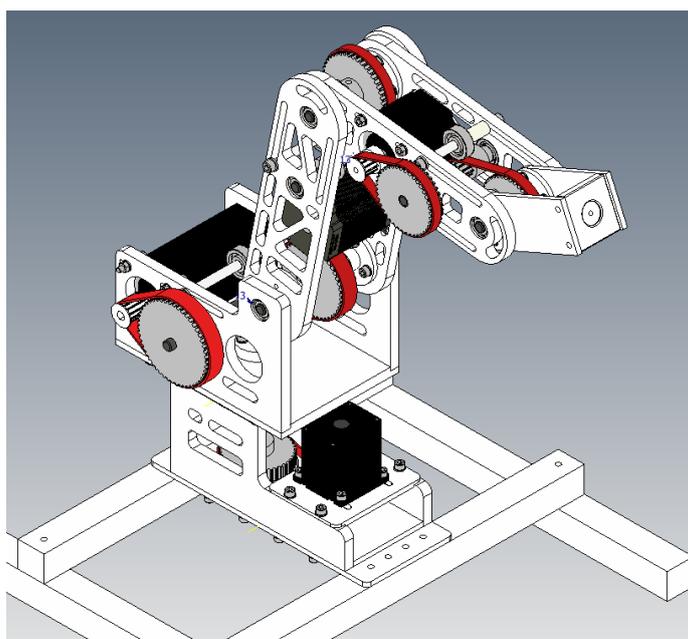


Рис. 3.1. Трехмерная модель манипулятора

В поворотной оси используются радиально-упорные подшипники, которые позволяют выдерживать нагрузки как в радиальном, так и в осевом направлениях. Это необходимо из-за веса заготовки и усилий, возникающих при работе.

В плечах устанавливаются радиальные подшипники для поддержания конструкции.

Основной материал робота — алюминий. Пластик используется для изготовления шкивов.

Крепежные элементы соответствуют стандартам:

- Винты: М5х14 (ГОСТ 11738-84).
- Шайбы: размер 5 (ГОСТ 9649-78)
- Гайки: М5 (ГОСТ 5927-70).

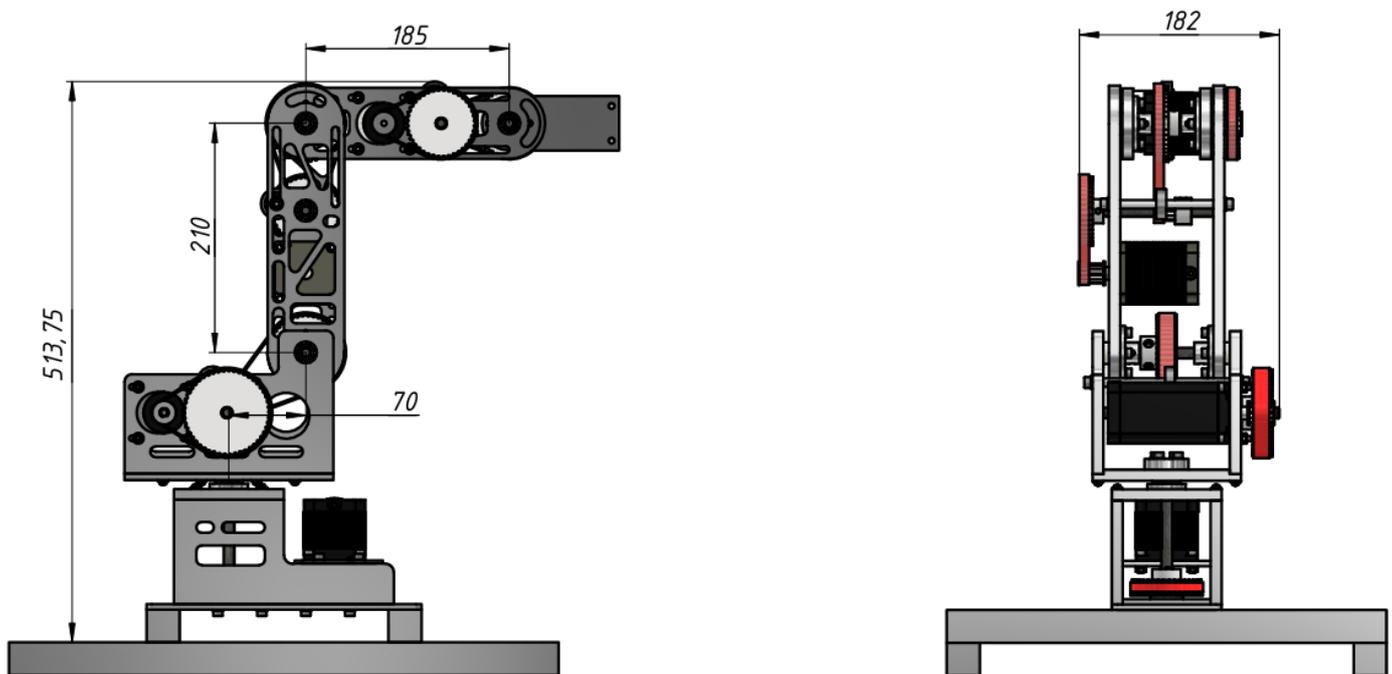


Рис. 3.2. Габаритные и присоединительные размеры

### Литература

1. Craig, J. J. (2005). *Introduction to Robotics: Mechanics and Control*. Pearson Education.
2. Spong, M. W., Hutchinson, S., & Vidyasagar, M. (2006). *Robot Modeling and Control*. Wiley.
3. А.Г. Лесков, К.В. Бажинова, Е.В. Селиверстова (2017) «Кинематика и динамика исполнительных механизмов манипуляционных роботов – 56 стр.