

**УДК 62-523.8**

## **РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ТИПА НЕХАРОД**

С.А. Перелешин, студент гр. МРб-151, IV курс

Доцент: И.С. Сыркин, к.т.н.

«Информационные и автоматизированные производственные системы»

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.

Горбачева, г. Кемерово

Робототехника становится неотъемлемой частью жизни человека в самых различных областях, начиная от исследовательских целей, где применяется единичные экземпляры до промышленных роботов, которые во всю на производстве. Расширяется сфера практического применения роботов различных типов, призванных избавить человека от однообразного физического труда и способных действовать в труднодоступных или опасных условиях.

Применение робота класса Нехарод в современном мире является одной из актуальных разработок. Именно этот вид робот обладает наибольшей мобильностью, устойчивостью и возможностью перевернуться в случае опрокидывания.

По расположению ног наш Нехарод относится к классу arachnid, этот класс встречается в природе и относится он к пресмыкающимся: пауки, скорпионы и клещи. Рассмотрев разработки и возможности построения Нехарод, было принято решение взять наиболее похожий по конструкции и по применяемым комплектующим и решениям построения робота. Из всего был выбран робот, созданный пользователем портала habr.com под псевдонимом «росонос».

Данный роботов обладает прежде всего небольшими размерами, малым весом, что делает его более динамичным, но менее устойчивым. Все конечно-сти выполнены из легкого пластика, как и сама платформа. Применены бюджетные компоненты, способные выполнить поставленные задачи. Как и у большинства Нехарод-ов основную нагрузку берут на себя оси сервоприводов, что снижает их ресурс. Применение прочного и легкого пластика, положительно влияет на ресурс сервоприводов и скорость робота.

Эксплуатация платы Arduino позволяет применить базовые знания языка Си, также выходов на самой плате достаточно для подключения всех сервоприводов (18 шт).

Использование питания от провода, ограничивает его радиус работы, а также лишает его автономности, что является недостатком. Но в то же время мы получаем робота, который может существовать неограниченное время, но в ограниченном пространстве, что облегчает его отладку и программирование.

Управления робота происходит по заданной программе, что является хорошим решением для заранее известного пути, но не подходит для робота, который будет перемещаться по не известной местности и траектории.

Основной нашей задачей является разработка робота типа Нехарод, построение его 3D – модели и решение прямой и обратной задач кинематики.

Для нашего робота будет три системы координат на каждую пару конечностей, отличием их будет в том, что они повернуты на  $35^{\circ}$ , соответственно первая пара ног от третьей будет повернута на  $70^{\circ}$ . Системы координат расположены симметрично средней линии корпуса. Для того, чтобы нога робота оказалась в конкретных координатах, нужно рассчитать углы поворота и сочленений ноги, в этом и заключается обратная задача кинематики.

На рисунке 1 представлен прототип нашего робота, он не является конечной разработкой и нужен для того, чтобы учесть возможные варианты построения робота, первые ошибки на стадии проектирования и для принятия решения о конечной конструкции Нехарод.

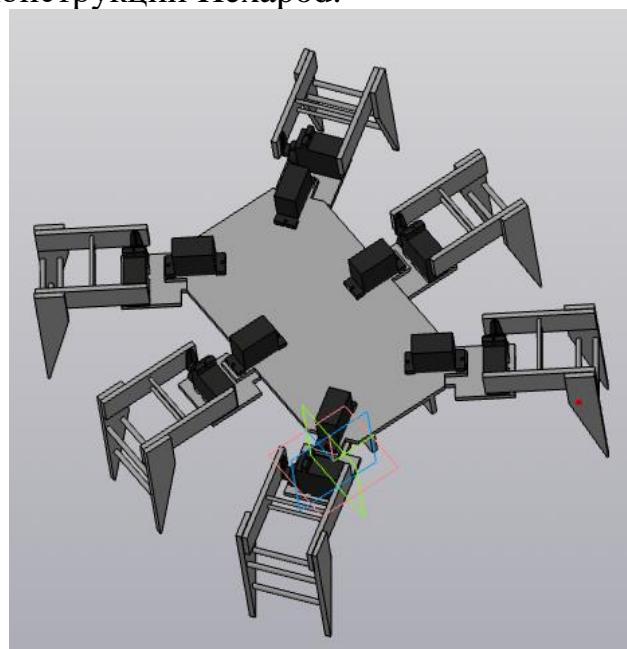


Рис. 1 Прототип робота Нехарод №1

Чтобы вычислить углы для ноги, необходимо определить координаты точки D. Пользуясь программой Компас-3D, быстро находим, что точка имеет следующие координаты D(201,92;194,18;-64) относительно начала координат построения всей платформы.

То есть надо решить прямую задачу для того, чтобы знать конечную координату постановки ноги, и обратную задачу для определения углов между сочленениями ног, так как это нужно для стабилизации платформы. Расчеты проводились в программе Mathcad.

Все расчеты приведены, для нулевого положения нашей ноги с выводом ее в выпрямленное состояние. Начало координат находится в точки расположения начала ноги.

Прямая задача – состоит в нахождении координат рабочего органа ( $x, y$ ) по заданным  $L_1, L_2, Q_1, Q$ , где  $L_1$  и  $L_2$  – это длины плеча и локтя манипулятора; определены конструкцией манипулятора;  $Q_1$  и  $Q_2$  – это углы между  $L_1$  и  $oX$ , и  $L_2$  и  $L_1$  определяются.

Исходные данные:

$$L_1 := 52 \quad Q_1 := 45$$

$$L_2 := 72 \quad Q_2 := 45$$

Найти:

$x$  и  $y$

Координаты точки  $A$  в системе отсчета  $O$ :

$$XA := L_1 \cdot \cos(Q_1)$$

$$YA := L_1 \cdot \sin(Q_1)$$

Координаты  $(x, y)$  в системе отсчета локтя:

$$x_1 := L_2 \cdot \cos(Q_2)$$

$$y_1 := L_2 \cdot \sin(Q_2)$$

Координаты  $(x, y)$  с учетом поворота  $L_2$  относительно плеча  $L_1$ :

$$x_2 := L_2 \cdot \cos(Q_1 + Q_2)$$

$$y_2 := L_2 \cdot \sin(Q_1 + Q_2)$$

$$x := XA + x_2 = L_1 \cdot \cos(Q_1) + L_2 \cdot \cos(Q_1 + Q_2)$$

$$y := YA + y_2 = L_1 \cdot \sin(Q_1) + L_2 \cdot \sin(Q_1 + Q_2)$$

$$x \rightarrow -4.9445569427783056$$

$$y \rightarrow 108.61474305501432$$

Рис.2 Расчеты прямой задачи кинематики

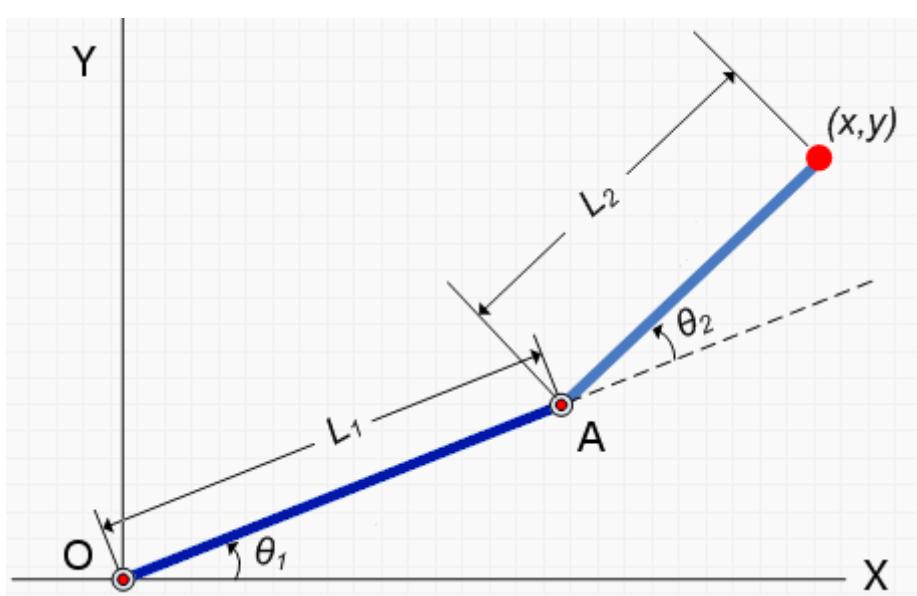


Рис. 3 Схема прямой задачи кинематики

## Обратная задача

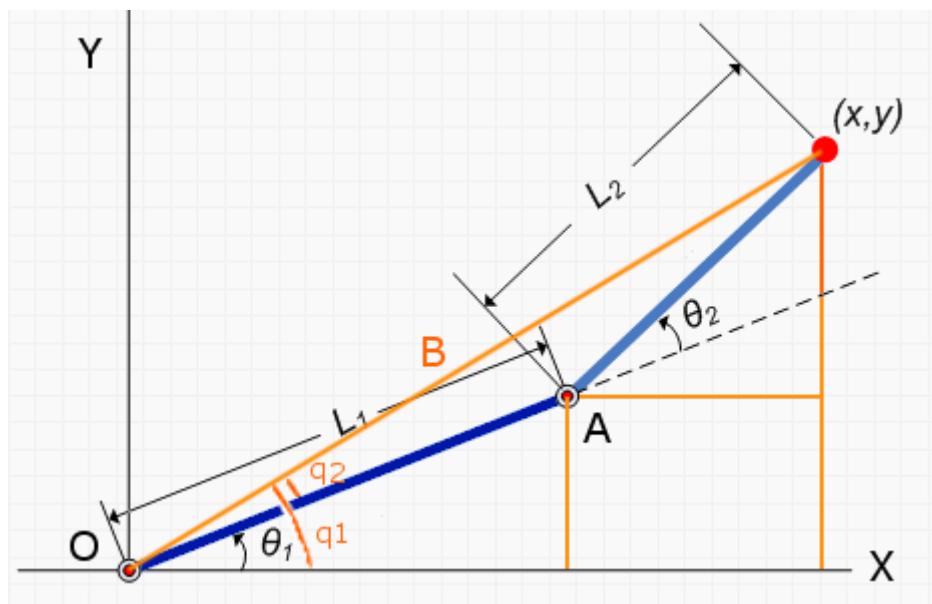


Рис.3 Схема обратной задачи

Исходные данные:

$$L1 := 52 \quad x := -4.94$$

$$L2 := 72 \quad y := 108$$

Найти:

$Q1$  и  $Q2$

Прямая соединяющая начало координат:

$$B := \sqrt{x^2 + y^2} = 108.113$$

$q1$  — угол между осью  $OX$  и прямой  $B$   
Отсюда:  $q2$  — угол между прямой  $B$  и плечом  $L1$

$$q1 := \arccos\left(\frac{x}{B}\right) \rightarrow 1.6165052076938360271$$

$$q2 := \arccos\left[\frac{(L1^2 - L2^2 + B^2)}{2 \cdot B \cdot L1}\right] = 0.611$$

Сравним наши расчеты с исходными данными:

$$x := B \cdot \cos(q1) \quad x \rightarrow -4.93999999999999969$$

$$y := B \cdot \sin(q1) \quad y \rightarrow 107.9999999999999139$$

$q2$  и  $Q2$  находим по теореме косинусов:

$$q1 = 1.617 \quad q2 = 0.611$$

$$Q1 := q1 - q2$$

$$Q2 := \pi - \arccos\left[\frac{(L1^2 + L2^2 - B^2)}{2 \cdot L1 \cdot L2}\right]$$

$$Q1 \rightarrow 1.0053404478952086371$$

$$Q2 \rightarrow 1.0384776722305716066$$

Рис. 4 Расчеты обратной задачи кинематики

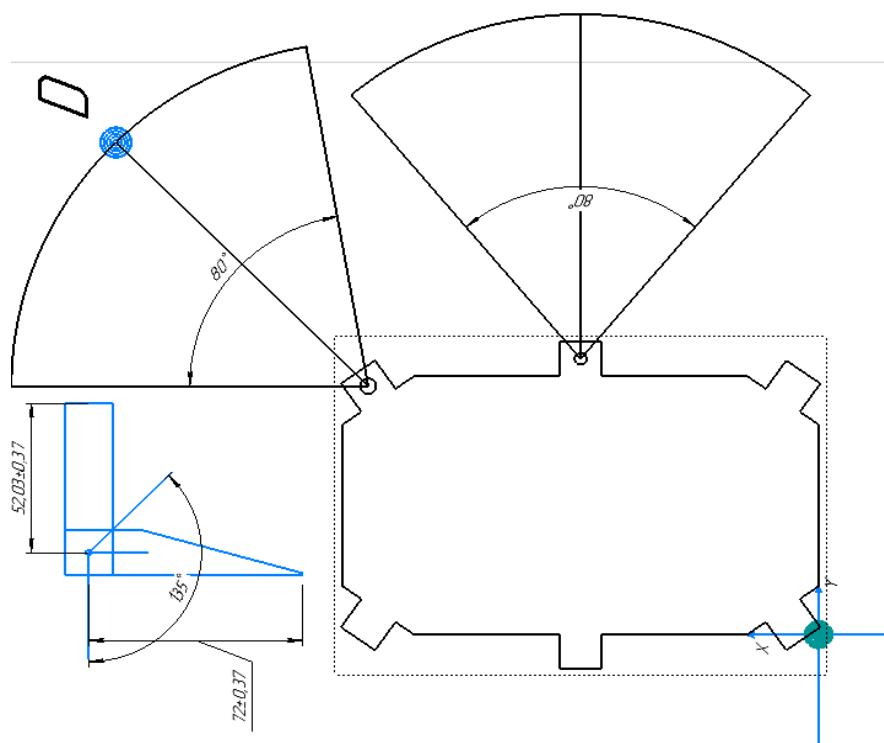


Рис.5 Схема движения ног

В плане механики гексаподы можно разделить на два принципиально разных класса: с использованием и без использования сервоприводов.

Гексаподы первого типа можно отнести скорее к механическим роботам, так как в них применяются жесткие механические приводы, что делает движения робота однообразными и неизменными.

Роботы второго типа имеют гораздо больше возможностей в плане передвижения. Обычно в таких конструкциях присутствуют два или три сервопривода на одной ноге. Применяя три сервопривода, возможно менять положения в пространстве как ног, так и корпуса по всем трём осям, но такие движения требуют определенных математических расчетов.

Подобный робот был приведен в начале статьи и является нашей разработкой.

Рассмотрим на примере нашего Нехапод:

Каждая конечность робота имеет три степени свободы для обеспечения легкости и достаточной жесткости, сделанные из 2 мм листового пластика. Далее мы назовем все составляющие конечности – это Соха, Femur и Tibia по аналогии с названием частей конечностей у членистоногих. Платформа имеет прямоугольную форму и два ребра жесткости вдоль корпуса из-за большой длины и пластика, образовывая диагональное вывешивание. По типу ног относится к классу arachnid. Расположение плат и навесного оборудования будет находиться на платформе, а аккумуляторы, бокс для аккумуляторов и

преобразователь понижающий. Далее будет приведен список компонентов, используемых для создания прототипа мобильного робота:

- 1) Датчик расстояния оптический GP2Y0A21YK0F
- 2) Сервопривод SG90 Tower Pro 9g
- 3) PCA9685 16-Channel 12-Bit
- 4) Гироскоп GY521 MPU
- 5) Battery Charger Black 2 Slots AC 110V 220V Dual For 18650
- 6) Контейнер для аккумуляторов
- 7) Преобразователь DC-DC понижающий
- 8) Модуль зарядки для аккумуляторов
- 9) Модуль радиоуправления NRF24L01
- 10) Полистирол ударопрочный GEBAU 3мм опал 563
- 11) Провода
- 12) MK stm32f103
- 13) ST LINK/V2
- 14) ABS пластик листовой толщиной 2мм

Результат нашей работы представлен ниже:

- Анализ одного из решения построения робота
- Чертеж прототипа
- Постановка задачи кинематики для нашего Нехарод
- Решение прямой и обратной задачи кинематики
- Выбор материала, комплектующих и их расположение на мобильном роботе

Проектирование робота занимает большой объем времени и требует определенных знаний. Сформулировать задачи кинематики и рассчитать их под силу начинающему инженеру, также возникли сложности с выбором комплектующих для робота. Их выбор на рынке очень разнообразный, как и ценовой диапазон.

В ходе работы мы получаем готовое решение для начала сборки Нехарод с рассчитанной кинематикой, выбором комплектующих и дополнительной необходимой информацией.

### **Список литературы:**

1. [Электронный ресурс] – Режим доступа:  
<http://robocraft.ru/blog/mechanics/756.html>
2. [Электронный ресурс] – Режим доступа:  
<https://habr.com/ru/post/156579/>
3. [Электронный ресурс] – Режим доступа:  
<https://habr.com/ru/post/436748/>