

**«Разработка шарнирного механизма манипулятора, интегрированного с двигателями, обладающего не менее, чем тремя степенями свободы для использования в унифицированных мехатронных модулях, применяемых при конструировании антропоморфных и других робототехнических систем».**

**Научный руководитель – Пьянов Иван Владимирович**

*Салогуб Дмитрий Дмитриевич*

*Студент (бакалавр)*

Московский государственный институт электронной техники (Технический университет)  
(МИЭТ), Москва, Россия  
*E-mail: salogub.d@mail.ru*

Анализируя состояние и перспективы развития робототехники можно выделить несколько общих принципов:

- первый принцип: унификация функциональных компонентов средств робототехники. Этот принцип обеспечивает ограниченным ассортиментом комплектующих практически неограниченную номенклатуру, создаваемых на их основе технических систем, повышение их технического уровня, сокращение сроков проектирования, облегчение технического обслуживания и ремонта.

- второй принцип: реконфигурируемость робототехнических систем, т.е. возможность создания систем переменной структуры. Возможность изменения состава робототехнической системы непосредственно в ходе её использования. Основа принципа -модульное построение средств робототехники. Принцип модульного построения обоснован и получил широкое распространение в рамках промышленной робототехники за счет минимизации материально-технического обеспечения неограниченно растущей номенклатуры промышленных роботов в целом.

-третий: переход к конструированию робототехнических систем на основе мехатронных модулей, что позволяет расширять сферу выполняемых роботом задач за счет эволюционного перепрограммирования. [1]

Следует отметить достижения российских специалистов в области электроники и программного обеспечения, однако, для раскрытия всех возможностей микроэлектроники и программирования необходимо продолжить разработку исполнительных механизмов и приводов. [2]

Активное развитие робототехники возможно в случае, когда их применение становится массовым и, следовательно, можно создать предпосылки для этого, предложив робототехникам «конструкторы», состоящие из унифицированных мехатронных модулей с набором стандартных программ управления открытой архитектуры для возможности эволюционной доработки программ под конкретные прикладные задачи.

Россия отстает в практической робототехнике от общемировых тенденций развития. Переход к модульному роботостроению значительно расширит круг специалистов, работающих в этой отрасли,

Проблема внедрения роботов, особенно в специальных отраслях, включая государственную безопасность, заключается и в необходимости наличия большого количества высококлассных специалистов по их практическому обслуживанию. [3] Насколько важен этот вопрос можно определить, заметив, что ремонт и настройка существующих робототехнических платформ сегодня возможны, в основном, только на базе производств, где они и создавались. [4] Прекрасным решением этой проблемы может быть реализация модульного подхода.

К вопросу унификации антропоморфного роботостроения необходимо отметить, что у человека всего 6 разновидностей суставов и вариантность плавных движений ему обеспечивают в основном шарниры с тремя степенями свободы. [5]

Создание шарнирного механизма, имеющего не менее трёх степеней свободы, совмещённого с двигателями и, одновременно с этим, не громоздкий. Позволяет одним таким шарниром заменить любой из необходимых при конструировании антропоморфного робота (манипулятора), не «добавляя» механизмов в определённых ситуациях, а наоборот, элементарно блокируя избыточные возможности разработанного шарнира, когда это нужно. Таким образом мы обеспечиваем самое сложное и возможность перехода к простому, частично блокируя избыточное.

Это даёт следующие преимущества:

1. Сокращение времени и затрат на разработку, производство и поставку изделий робототехники;
2. Повышение качества и надёжности изделий робототехники;
3. Уменьшение сроков освоения изделий робототехники;
4. Упрощение снабжения, эксплуатации и ремонта изделий робототехники;
5. Сокращение номенклатуры предметов снабжения.

К этому нужно добавить ограниченное количество управляющих программ (около шести по количеству разнообразных суставов) с перспективой их эволюционной доработки

Попытки создания такого шарнира с использованием электромагнитной энергии показали отсутствие на сегодняшний день материалов и технологий для практической реализации. [6]

Пришлось пересмотреть выбор вторичного энергоносителя в пользу жидкости под давлением.

Информация из открытых источников подтверждает обоснованность перехода к гидроприводу: «Boston Dynamics» сделала приводы робота на гидравлике, у нее шире возможности» [7]. И поэтому антропоморфные роботы этой фирмы обладают неоспоримыми преимуществами перед аналогичными разработками российских ученых. Наряду с известным недостатком гидропривода - повышенной энергоёмкостью и повышенным требованиям к точности изготовления деталей гидросистем, необходимо отметить высокую удельную мощность, возможность блочного монтажа и ремонта, достаточную точность доставки рабочего органа к предмету воздействия. К одному из преимуществ гидроприводов можно отнести возможность их защиты от импульсного враждебного воздействия и это очень важно при создании робототехнических систем двойного применения.

На текущий момент уже завершена проработка конструкции шарнирного механизма с тремя степенями свободы, интегрированного с двигателями (рис.1), конструкция которого предполагает патентную защиту.

Рис.1 Степени свободы шарнирного механизма

По-простому: сферическую кинематическую пару рис.2, конструктивно преобразовали так, чтобы обеспечить самостоятельную возможность вращения внутреннего пальца с рабочим органом независимо по трем осям.

а)

б)

Рис. 2 Эквивалентное кинематическое соединение

а) Сферическая кинематическая пара; б) Эквивалентное кинематическое соединение

На данном этапе, методом программной имитации, были исследованы рабочая зона одного шарнирного механизма и двух шарнирных механизмов, соединенных звеном постоянной длины [8].

Рабочая зона предлагаемого шарнирного механизма представляет собой тонкую сферическую оболочку сектора, радиусом равным расстоянию от центра вращения, до рабочего органа, с углом у основания  $120^\circ$ , рис. 3

Рис. 3 Рабочая зона шарнирного механизма.

Толщина оболочки определяется величиной изменения расстояния крепления рабочего органа от  $A[U+A4E1]$  до  $A\ell$ .

При работе двух шарнирных механизмов, соединенных связью постоянной длины рис. 4 в двух различных вариантах крепления второго шарнирного механизма, рабочая зона будет находиться в сопряжении двух сферических оболочек, первая из которых ограничена сектором в  $120^\circ$  при радиусе максимальной длины вдоль прямой, соединяющей центры вращения. И второй оболочкой сферы, радиусом, соответствующим крайним положениям связей и ограниченной сектором в  $240^\circ$ .

а)

б)

Рис. 4 Варианты осевого соединения второго шарнирного механизма и симуляция рабочей зоны

С целью увеличения рабочего пространства шарнирный механизм должен снабжаться связью с рабочим органом или опорой, имеющей возможность линейного перемещения. В этом случае, дополнительно, «толщина» рабочего поля будет определяться величиной изменения длины связи.

Следует отметить, что два унифицированных шарнирных механизма, соединенных звеном с возможностью изменения его длины, могут полностью обеспечить работу известных манипуляторов рис. 5, значительно сокращая разнообразие конструктивных элементов [9].

а)

в)

Рис. 5 Манипулятор ТЗ фирмы «Цинциннати Милакрон» (а), манипулятор Пума-560 (в).

При соединении трех таких шарниров появляется возможность полностью имитировать работу руки с сектором охвата  $360^\circ$

На этапе создания макета шарнирного механизма нами намечены параметры: по габаритным размерам, не более 250 мм в диаметре и развиваемом усилии, не менее 20 ньютон-метр, в шаровом секторе с углом у основания не менее  $120^\circ$ . Для достижения этих параметров принято решение о практическом создании макета такого шарнирного механизма.

Выводы:

1. Завершена разработка конструкции шарнира, интегрированного с двигателями, обеспечивающий независимое вращение рабочего органа по трем плоскостям;

2. Дальнейшее изучение шарнирного механизма с тремя степенями свободы рационально в совокупности со связью, имеющей возможность изменения длины;

3 Сочленение трех шарнирных механизмов обеспечивает доступ рабочего органа на  $360^\circ$  вокруг оси вращения базового шарнира;

4 Коммерческий вариант шарнирного механизма должен предусматривать универсальное крепление и для опоры, и для рабочего органа.

### Используемая литература, ссылки

1. Д. Д. Салогуб, Д. Р. Чухно Робототехнические системы в космосе УДК 007.52.629.78, стр. 251-256, Завалишинские чтения: молодежная секция: сб. докл. СПб.: ГУАП 2017г. 277 с.: ил.

7. УДК 681.527.7: 621.865.8 Г73 Готлиб, Б. М. Г73 Основы мехатроники и робототехники: метод. указания / Б. М. Готлиб. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2014. – 24 с.

8. Унификация боевых роботов и модулей вооружения. <https://zen.yandex.ru/media/armsblog/unifikaciia-boevyh-robotov-i-modulei-vooruzeniia-5cfb99c0ba657800b0cc3d33>

9. Национальный центр робототехники Унификация в робототехнике <https://docplayer.ru/154284382-Nacionalnyy-centr-robototehniki-unifikaciya-v-robototehnike.html>

10. Zinovia Zorina. Артрология -биомеханика суставов. USMF "N.Testemițanu". Catedra Anatomiei. <https://docplayer.ru/30530285-Artrologiya-biomehanika-sustavov.html>

11. SALOGUB Dmitrii, Mecanism articulat al manipulatorului, INVENTȚII 4619, B1,MD - BOPI 2/2019, [http://agepi.gov.md/sites/default/files/bopi/BOPI\\_02\\_2019.pdf](http://agepi.gov.md/sites/default/files/bopi/BOPI_02_2019.pdf)

7. Электронный ресурс: Интервью Сергея Хурса. Сайт Гос. корпорации Роскосмос. URL <https://www.roscosmos.ru/26684/> 20.08.2019 13:20 (дата обращения: 16.02.2020).

8 Алгоритмы управления движением схвата манипулятора / Н.Д.Беклемишев [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2017. № 47. 36 с. doi:10.20948/prepr-2017-47 URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2017-47>

9. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника: Пер. с англ.— М.: Мир, 1989.— 624 с., ил.

### Иллюстрации

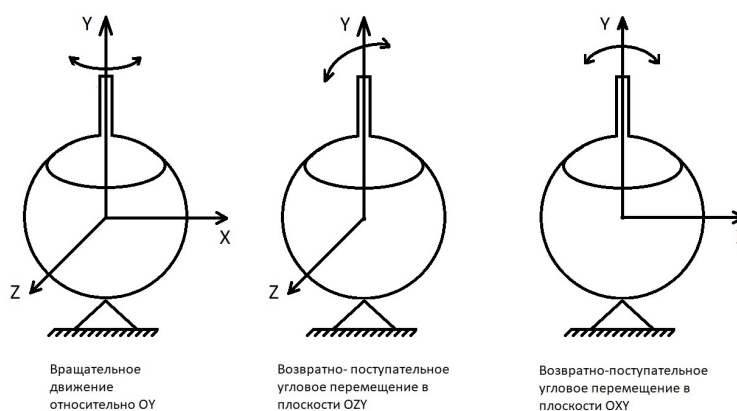


Рис. 1. Рисунок 1

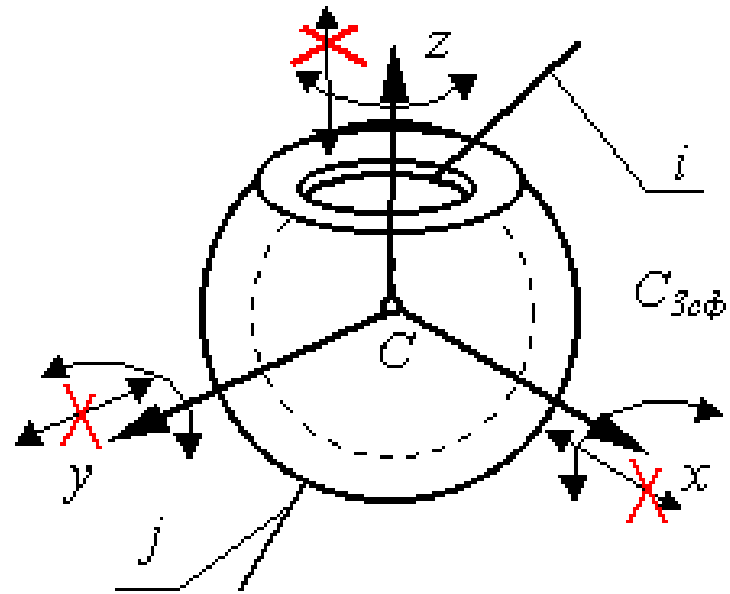


Рис. 2. Рисунок 2 а)

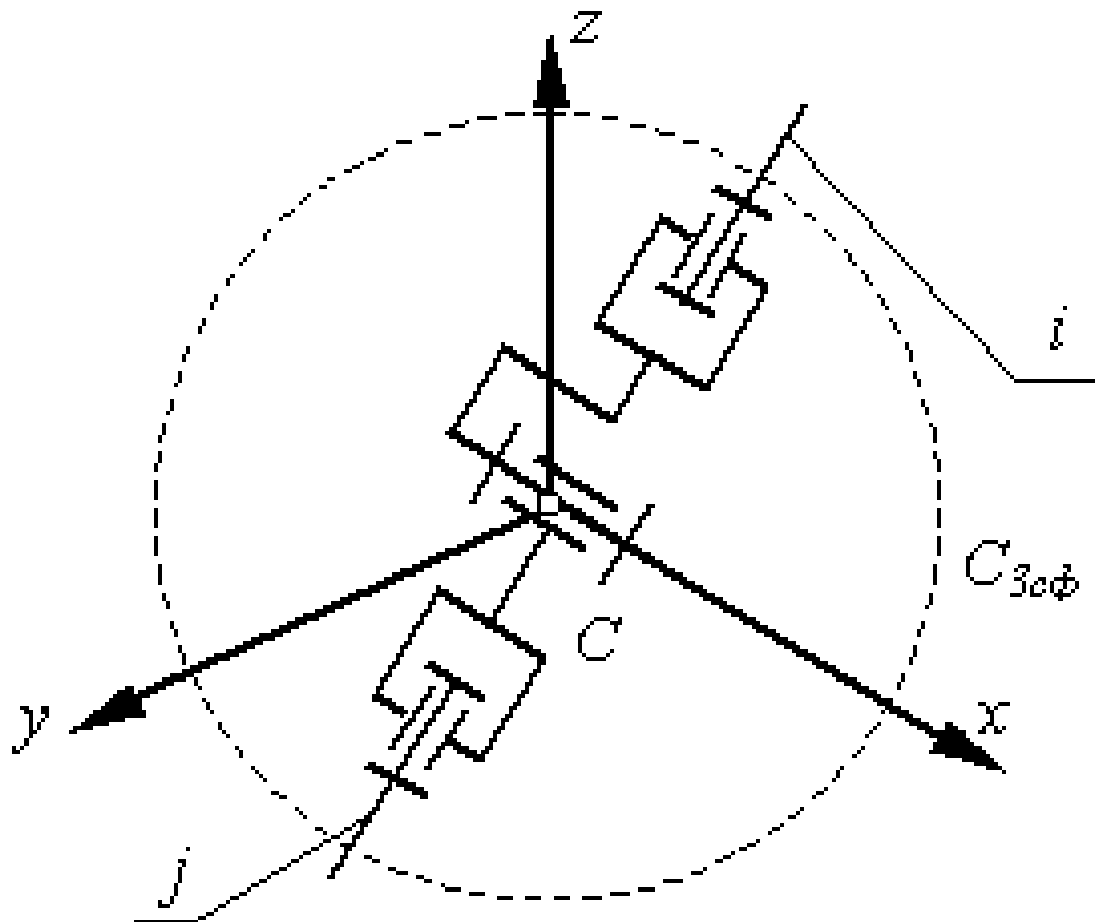


Рис. 3. Рисунок 2 б)

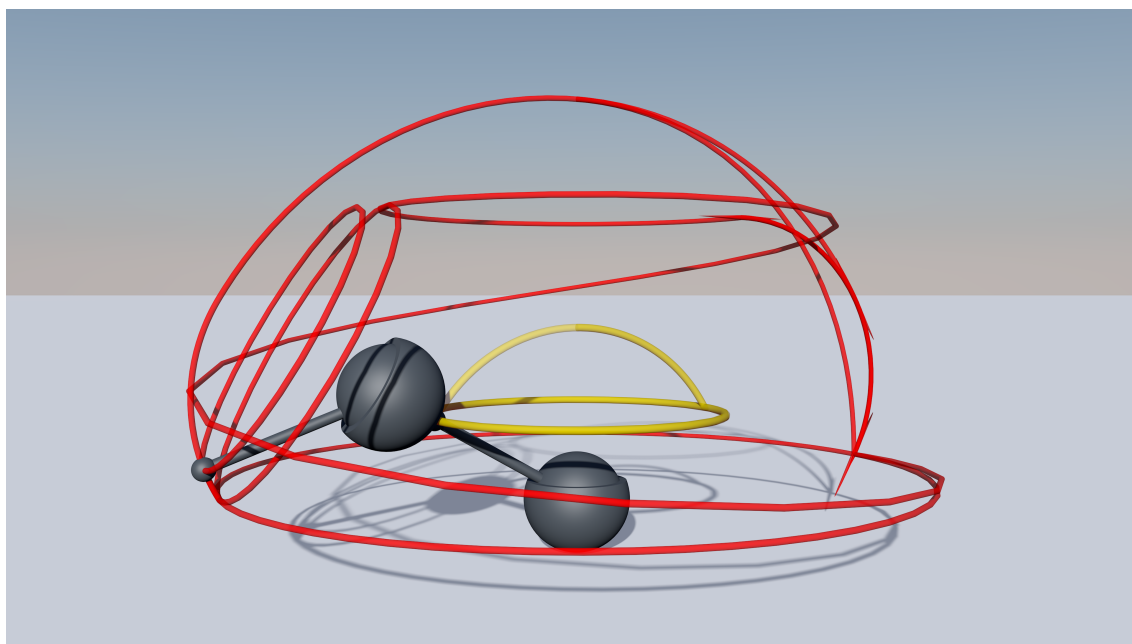


Рис. 4. Рисунок 3 а)

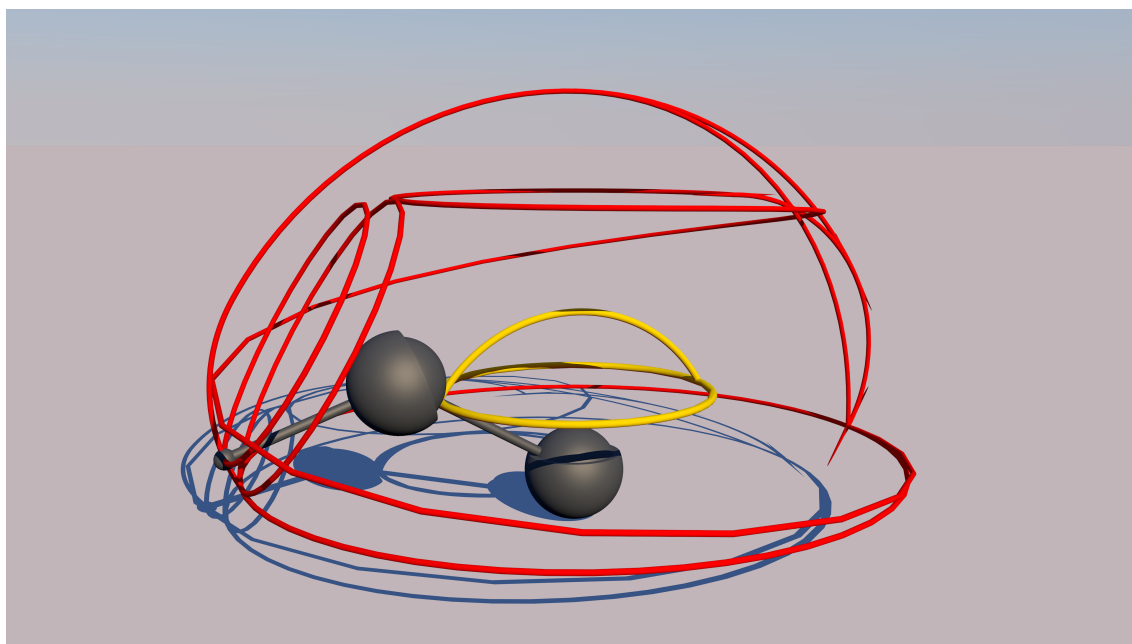


Рис. 5. Рисунок 3 б)

