

РАЗРАБОТКА УЗЛОВ САМОСБОРКИ НА ОСНОВЕ РАЗЪЁМНЫХ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ МОДУЛЬНОЙ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ

студент гр. 10309118 Павлович Ю. Е.

Научный руководитель – ассистент Козлов Ю. В.

Белорусский Национальный Технический Университет

Минск, Беларусь

С развитием модульной мехатроники и робототехники открываются принципиально новые возможности формирования из отдельных полнофункциональных модульных конструктивных единиц пространственных структур, адаптированных к решению множества прикладных задач.

Рассмотрены наиболее интересные варианты модульных конструктивных единиц на сегодняшний день [1-6].

Проект M-Block. Разработка представляет собой модульные, самонастраивающиеся кубические роботы, представленные на рис. 1, с магнитной связью, приводимые в действие моментом инерции.

Проект MecaBot. Разработка представляет собой модульный робот, показанный на рис. 2, разработанный для учебных и исследовательских целей. Модули соединяются друг с другом с помощью магнитного стыковочного устройства.

Проект DRA-MR1. Разработка представляет собой модульный робот, изображённый на рис. 3, имеющего возможность распределения электрических, механических и вычислительных ресурсов между модулями. Робот состоит из трех типов модулей: управляющего модуля PM1, двигательных модулей PM2 и соединительного модуля PM3.

Проект ChainFORM. Разработка представляет собой робот, представленный на рис. 4, способный передвигаться за счёт намагничивания узла; модули вручную собираются в змеевидную структуру.

Проект M-TRAN III. Разработка представляет собой модульный робот, показанный на рис. 5, способный реконфигурировать узлы и оперативно менять их положение в процессе работы в зависимости от текущей задачи.

Проект UBot. Разработка представляет собой самонастраиваемый модульный робот, изображённый на рис. 6, способный выполнять задачи передвижения, самостоятельной реконфигурации и манипуляции.



Рис. 1. M-Block



Рис. 2. MecaBot



Рис. 3. DRA-MR1



*Рис. 4.
ChainFORM*



*Рис. 5. M-TRAN
III*

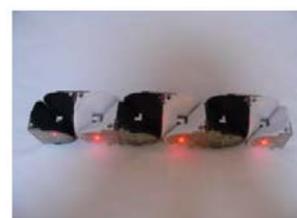


Рис. 6. UBot

Каждая из разработок направлена на решение отдельно взятых проблем модульной робототехники и имеет свои способы соединения и взаимодействия конструктивных единиц. Сравнительные характеристики существующих модульных роботов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение характеристик существующих модульных роботов

Модель	Способ соединения устройств	Функциональность
M-Block	Магнитный	Академический робот
MecaBot	Магнитный	Четыре варианта конфигурации модулей: грань-грань, грань-ось, ось-ось и гексапод
DRA-MR1	Ручной	Распределение ресурсов системы между модулями PM1-PM3
ChainFORM	Ручной	LED-индикация
M-TRAN III	Механический	Сгибание и разгибание устройства
UBot	Механический	Поворотный шарнир

Из таблицы видно, что существующие модульные роботы соединяются друг с другом магнитным либо механическим способом. Однако применение таких способов соединения не является надёжным и безопасным. При магнитном способе соединения пространственная структура может разрушиться, если её обесточить, а при механическом

способе – исключается возможность автономного соединения модульных роботов, которая необходима при дистанционном управлении.

Поэтому, разработка нового надёжного метода автономного соединения и взаимодействия модульных роботов является актуальной задачей, решение которой позволит применять пространственные структуры в сферах промышленности, космоса, медицины, быта для решения более сложных прикладных задач.

Для решения данной задачи предложено разработать узлы самосборки на основе разъёмных резьбовых соединений.

Разработанная структурная схема узлов, представленная на рис.7, состоит из двух частей: электрической и механической части.

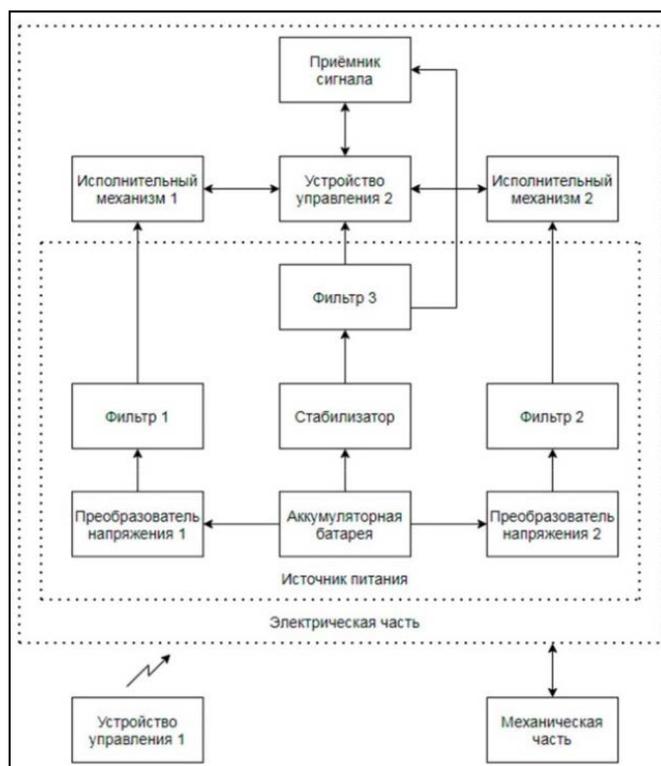


Рис. 7. Структурная схема устройства

Данная схема включает в себя следующие блоки:

- устройство управления 1 (далее, УУ1) – данный блок включает в себя пульт управления, с которого подаются управляющие сигналы на электрическую часть устройства.

Электрическая часть схемы состоит из следующих блоков:

- исполнительный механизм 1 (далее, ИМ1) – данный блок включает в себя электромагниты, благодаря которым узлы притягиваются и центрируются друг относительно друга;

- исполнительный механизм 2 (далее, ИМ2) – данный блок включает в себя электродвигатель, который приводит в движение

механическую часть для непосредственного соединения модульных роботов;

- устройство управления 2 (далее, УУ2) – данный блок включает в себя управляющую плату, от которой подаются управляющие сигналы на ИМ1, ИМ2 и приёмник сигнала;
- приёмник сигнала – данный блок включает в себя приёмопередатчик, служащий для беспроводной передачи данных между УУ1 и УУ2;
- источник питания – данный блок включает в себя аккумуляторные батареи, фильтры, стабилизаторы, благодаря которым возможна подача стабильного тока в другие блоки.

Механическая часть схемы отвечает за процесс физического контакта модульных роботов при их сопряжении с помощью резьбового соединения. Данная часть включает в себя болт, две гайки, четыре линейных подшипника и четыре стальных вала (оси).

Разработана трёхмерная модель узлов самосборки, представленная на рис. 8, спроектированная с помощью программного продукта SolidWorks.

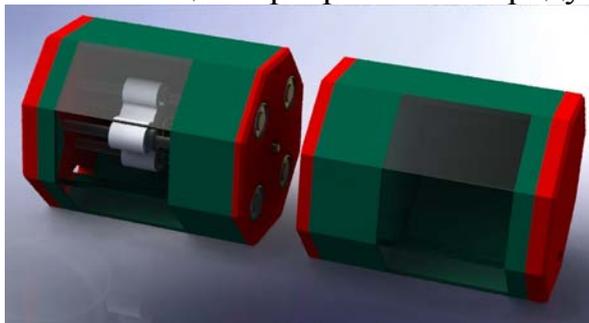


Рис. 8. Трёхмерная модель узлов самосборки

В расчёте напряжённо-деформированного состояния, изображённого на рис. 9, учтены те детали узлов самосборки, на которые прикладываются наибольшие нагрузки.

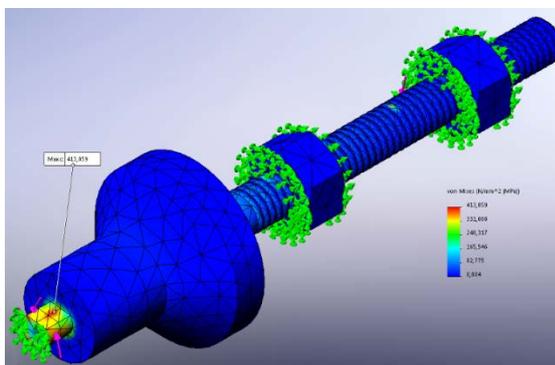


Рис. 9. Расчёт напряжённо-деформированного состояния наиболее нагруженных деталей узлов самосборки

Блок-схема алгоритма работы узлов показана на рис. 10.

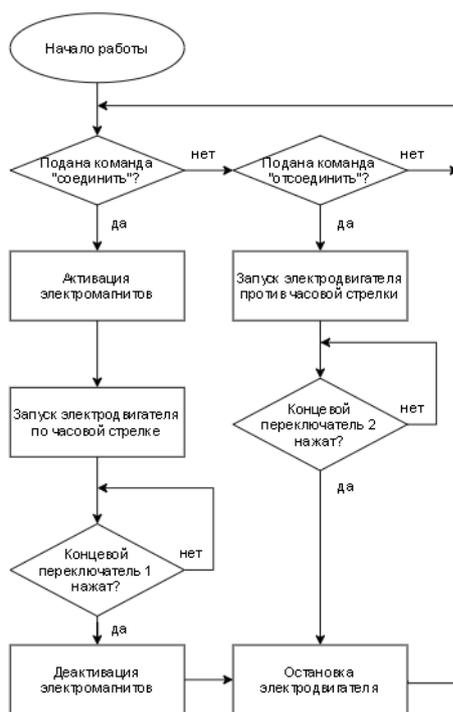


Рис. 10. Блок-схема алгоритма работы узлов самосборки

В работе предложен надёжный метод автономного соединения и взаимодействия модульных роботов на основе разъёмных резьбовых соединений, который позволит применять модульные мехатронные системы в сферах промышленности, космоса, медицины и др. для решения более сложных прикладных задач.

Литература

1. Romanishin, J.W. M-blocks: Momentum-driven, magnetic modular robots / J.W. Romanishin, K. Gilpin, D. Rus // IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems. – Tokyo, Japan, 2013. – Art. no. 6696971. – P. 42884295.
2. Cruz-Carbonell, V. Assembly and implementation of modular quadrupedal architecture Ensamblaje e implementación de arquitectura cuadrúpeda modular / V. Cruz-Carbonell, R.A. Castillo-Estapa // Visión electrónica. – 2019. – Vol. 13. – No. 2. – P. 13. 280–288.
3. da Silva Ferreira, M.A. Drone Reconfigurable Architecture (DRA): a Multipurpose Modular Architecture for Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) / M.A. da Silva Ferreira., M.F.T. Begazo, G.C. Lopes et al. // J. Intell. Robot. Syst. –2020. – Vol. 99. –P. 517–534.

4. Nakagaki K. ChainFORM: A Linear Integrated Modular Hardware System for Shape Changing Interfaces / K. Nakagaki, A. Dementyev, S. Follmer, J.A. Paradiso, H. Ishii // In Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology. – ACM, 2016. – P. 87–96.
5. Murata S. M-TRAN: self-reconfigurable modular robotic system / Murata S., Yoshida E., Kamimura A., Kurokawa H., Tomita K., Kokaji S. // IEEE/ASME transactions on mechatronics. – 2002. – Vol. 7. – No. 4. – P. 431–441.
6. Tang, S The UBot modules for self-reconfigurable robot /, S. Tang, Y. Zhu, J. Zhao, X. Cui). // In 2009 ASME/IFTOMM International Conference on Reconfigurable Mechanisms and Robots. – 2009. – P. 529–535.