

УДК 621.9

**Б.А. БАЛАСАНЯН, О.А. ОГАНИСЯН, А.Р. КАРАПЕТЯН,
Д.Г. ЮРМУЗЯН**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ МАЛОГАБАРИТНОГО
НАСТОЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ
АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И БЫСТРОГО
ПРОТОТИПИРОВАНИЯ**

Рассматриваются вопросы разработки и обоснования технического задания настольного робота-манипулятора. Описаны основные компоненты разрабатываемого манипулятора. Обоснован выбор используемых материалов и комплектующих, а также выбор использования аддитивных технологий для изготовления прототипа разрабатываемого изделия.

Ключевые слова: аддитивные технологии, робототехника, манипуляторы, учебное оборудование, робот-манипулятор.

Введение. В современном мире основным направлением развития промышленности является автоматизация производства. Одним из основных компонентов автоматизации производства и предприятий является использование роботизированных комплексов, которые состоят из механических манипуляторов [1].

Несмотря на различное техническое исполнение, любой манипулятор состоит из нескольких степеней подвижности (звеньев) и исполнительных механизмов (двигателей), приводящих звенья в движение.

С применением аддитивных технологий в производстве, таких как FDM, SLA или SLS, трехмерное печатание пластиков и металлов привело к более удобному и быстрому производству и прототипированию разрабатываемого изделия. Активно исследуется робототехника, при этом в домашних условиях можно реализовать то, что в прежние времена было или невозможно, или трудоемко и стоило очень дорого. В таких условиях получили популярность настольные недорогие манипуляторы. Существует много стартапов, которые разрабатывают и продают такие манипуляторы. Цена таких манипуляторов начинается от 50 до 2000 долларов США, в зависимости от комплектации и качества. Из таких манипуляторов известны EVA от стартапа Automata, Zotrax и учебный манипулятор Mira [2-5].

На основании вышеупомянутого поставлена задача для разработки технического задания на разработку настольного манипулятора с применением аддитивных технологий. Разрабатываемый манипулятор должен иметь как можно большую зону обслуживания, тем самым иметь поворотное основание. Максимальное расстояние захвата предмета должно достигать до 0,5 м. Исполнительный инструмент должен иметь схват для перемещения предметов.

Было принято решение использовать пластмассу и фанеру, так как они легкие и легко обрабатываются. При рабочих длинах звеньев 15...20 см их вес составит около 200 г. Вес стандартных серводвигателей составляет около 60 г. При использовании серводвигателей с моментом силы в 18 кг.см для всех звеньев, поворота и захвата робот может перемещать грузы массой до 300 г по всей рабочей зоне.

Процесс разработки робота-манипулятора будет состоять из следующих этапов:

- исследование рынка и анализ (исследование конкурентов, разработка целей проекта, разработка тех. задания);
- концептирование (разработка кинематической схемы, выбор покупных компонентов, компоновка манипулятора);
- разработка механических узлов робота (выбор материала для изготовления детали, а также типа исполнительных механизмов);
- разработка системы управления манипулятором (выбор контроллера и т.д.);
- прототипирование и тестирование.

Кинематическая схема и функциональное назначение. Рабочая зона и возможности манипулирования объектом определяются кинематической схемой манипулятора, которая представлена на рисунке. На рисунке также представлена предварительная концептуальная модель манипулятора.

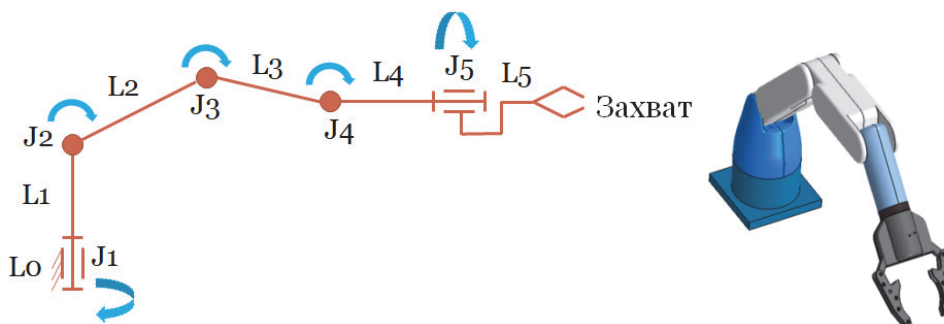


Рис. Кинематическая схема робота-манипулятора и предварительный концепт

Как показано на рисунке, манипулятор состоит из пяти вращательных кинематических пар (J1...J5), пяти звеньев (L1...L5) и захвата. Представленная схема говорит о том, что разрабатываемый манипулятор перемещается в сферической системе координат, так как движение объекта в пространстве происходит только за счет угловых поворотов звеньев манипулятора [5]. Такая система координат универсальна и обеспечивает обслуживание наибольшей рабочей зоны [5]. В разрабатываемом манипуляторе будет пять степеней свободы, что обеспечит движение по заданной траектории и позволит сохранить ориентацию объекта в пространстве.

Составные компоненты. Для обеспечения движения модулей роботов на практике используются разные типы двигателей. Для данной конструкции целесообразно использовать цифровые серводвигатели. Серводвигатели по типу управления делятся на два типа: аналоговые и цифровые. Они обладают значительно лучшими характеристиками, такими как более высокие скорости вращения, большие значения крутящих моментов и меньшие габариты.

В сравнении с ближайшими аналогами – шаговыми двигателями, серводвигатели работают с большей скоростью без потери момента и обеспечивают большую точность за счет обратной связи по положению. Несмотря на то, что серводвигатели дороже шаговых двигателей, их использование существенно повышает характеристики манипулятора.

Как было упомянуто во введении, нужно использовать серводвигатели с моментом силы в 18,5 кг.см. В разрабатываемом манипуляторе для движения звеньев будут использованы цифровые серводвигатели моделей DS3120 (на звеньях L2 и L3) и MG996R (на звеньях L4 и L5). Технические характеристики двигателей описаны в таблице.

Таблица

Технические характеристики серводвигателей

| Характеристика | DS3120 | MG996R |
|-----------------------|------------|----------|
| Размеры, мм | 40x20x40.5 | 40x19x43 |
| Рабочее напряжение, В | 4.8-7.2 | 4.8-7.2 |
| Момент, кг.см | 20 | 12 |
| Скорость, с/60° | 0.16 | 0.17 |
| Рабочие углы, ° | 180-270 | |
| Вес, г | 60 | 60 |

В разрабатываемом манипуляторе в качестве платы управления будет использоваться контроллер Arduino UNO.

Выбор технологии изготовления. Выше было отмечено, что в качестве технологии изготовления основных частей манипулятора приемлемо использование аддитивных технологий. К более недорогим аддитивным технологиям можно отнести моделирование методом послойного наплавления (англ. Fused deposition modeling (FDM)), которое широко используется при создании трехмерных моделей, прототипировании и в промышленном производстве. Также для изготовления можно использовать лазерную резку и фрезерование акриловых листов и фанеры.

Выводы. Рассмотрены характеристики и разработано техническое задание для проектирования модели малогабаритного настольного манипулятора. Описаны основные компоненты манипулятора, обоснован выбор комплектующих. Обоснована необходимость применения аддитивных технологий для изготовления прототипа разрабатываемого изделия.

Подобное устройство с лабораторным практикумом и методическими указаниями позволит проводить учебные и лабораторные работы по механике манипуляторов, изучению CAD/CAM систем, наладке роботов, электронике и программированию, мехатронике, деталям машин и аддитивным технологиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Craig J.J.** Introduction to robotics // Mechanics and control. 3rd ed. Reading, MA: Addison – Wesley, 1986. - P-19-256.
2. <https://www.dezeen.com/2015/10/21/movie-automata-democratise-robotics-3000-dollar-six-axis-robot-eva/>
3. <http://3dprintingsystems.com/education/education-3d-printing-stem-kits/>
4. <https://zortrax.com/stories/case-studies/zortrax-m200-3d-printer-3d-printed-dancing-robots/>
5. Մանիպուլյացիոն մեխանիզմների նախագծում. Ուսումնական ձեռնարկ / **Տ.Ֆ. Փարիկյան, Ֆ.Ա. Փարիկյան** և ուր./ ՀՊՃՀ (Պոլիտեխնիկ): -Երևան, 2006.- 125 էջ:

**Բ.Ա. ԲԱԼԱՍԱՆՅԱՆ, Հ.Ա. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ա.Ռ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ,
Դ.Գ. ՅՈՒՐՄՈՒԶՅԱՆ**

**ԱԴԻՏԻՎ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ ԵՎ ԱՐԱԳ ՆՄՈՒՇԱՎՈՐՄԱՆ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ
ՍԵՂԱՆԻ ՓՈՔՐԱԶԱՓ ՄԱՆԻՊՈՒԼՅԱՏՈՐԻ ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ
ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

Մշակվել և հիմնավորվել են սեղանի ռոբոտի մանիպուլյատորի տեխնիկական բնութագրերը: Նկարագրված են մշակված մանիպուլյատորի հիմնական բաղադրիչները, հիմնավորված է օգտագործված նյութերի և բաղադրիչների ընտրությունը: Նախատեսված արտադրանքի նախատիպի արտադրության համար հիմնավորված է ադիտիվ տեխնոլոգիաների օգտագործման ընտրությունը:

Առանցքային բառեր. ադիտիվ տեխնոլոգիաներ, ռոբոտատեխնիկա, մանիպուլյատորներ, կրթական սարքավորումներ, ռոբոտ-մանիպուլյատոր:

**B.A. BALASANYAN, H.A. HOVHANISYAN, A.R. KARAPETYAN,
D.G. YURMUZYAN**

**DEVELOPTNG THE TECHNICAL TASK OF A SMALL-DIMENSION
DESKTOP MANIPULATOR BY USING ADDITIVE TECHNOLOGIES
AND RAPID PROTOTYPING**

The development and justification of the technical task of the desktop robot-manipulator are considered. The main components of the developed manipulators are described. The choice of the used materials and components is justified, as well as the choice of using additive technologies for the manufacture of the developed product prototype is substantiated.

Keywords: additive technologies, robotics, manipulators, educational equipment, robot manipulator.