

## АДАПТИВНАЯ МОДЕЛЬ АНТРОПОМОРФНОГО ЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА С РАВНОМЕРНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ СИЛЫ СЖАТИЯ

<sup>1</sup>Кораблев В. И., <sup>2</sup>Пузанов А. В., <sup>3</sup>Пузанова К. А.

<sup>1</sup>*Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева, Ковров, Россия, vova.korablev.2002@mail.ru,*

<sup>2</sup>*Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева, Ковров, Россия, puzanov@dksta.ru,*

<sup>3</sup>*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия, puzanova\_2017\_ksu@mail.ru*

**Аннотация.** Представлена адаптивная модель антропоморфного захватного устройства манипулятора. Модель позволяет исследовать варианты работы манипулятора с объектами с различными свойствами поверхности и ее чистотой. Анализ кинематики захвата позволит настраивать систему управления на максимальную равномерность приложения усилий захвата и удержания.

Одним из самых актуальных направлений научно-технологического развития России является разработка и совершенствование интеллектуальных роботизированных систем [1]. Особенно актуально применение роботизированных систем в условиях, неблагоприятных и опасных для человека, и частности, для предотвращения и устранения последствий аварий природного и техногенного характера. Основным компонентом роботизированных систем является манипулятор с захватным устройством, обеспечивающий взаимодействие системы с объектом внешнего мира.

Захват и удержание объектов с различной шероховатостью поверхности, коэффициентом и типом трения при проскальзывании (сухое, вязкое, смешанное), а также с различными упругими или хрупкими свойствами предметов реализуются захватными устройствами различной конструкции с электро- или гидроприводами и системами осязания [2]. Идентификация и захват объекта с неидентифицированными свойствами без его повреждения – сложная научно-техническая задача, поэтому в этой операции функции распознавания и контроль выполнения остаются за человеком-оператором. При этом дистанционное управление захватным устройством манипулятора посредством оператора наиболее интуитивно и точно возможно используя антропоморфные конструкции: оператор надевает перчатки, или костюм (экзоскелет), датчики считывают его движения, а манипулятор их повторяет.

Принцип антропоморфизма заключается в функциональном воспроизведении устройством человеческого тела. Наибольшее распространение подобные системы нашли в андронидной робототехнике, экзоскелетах, а также в реабилитационной медицине [3].

Несмотря на конструктивную и функциональную схожесть с человеческой кистью, в роботизированном захватном устройстве отсутствуют сенсорное

восприятие и адаптация к форме, весу и свойствам внешней поверхности перемещаемого объекта. Реализация функций обратной связи возможно посредством датчиков тока на приводе, тензоров, проскальзывания и т.п. включая элементы технического зрения, а также комбинации тактильной и визуальной систем. Кроме этого, качество захвата, удержания, перемещения и вращения предмета зависит от геометрии «пальцев».

Решение подобных проблем позволяют современные технологии разработки адаптивных параметрических 3D-моделей. Данная технология подразумевает создание одной базовой геометрической модели и ее перестроение при изменении как отдельных размеров (длины пальца или толщины фаланги), так и всей конструкции пропорционально. Т. е. одна модель может быть использована для разработки и оснащения миниатюрных или крупномасштабных манипуляторов.

Нами разработана комплексная адаптивная модель антропоморфного хватного устройства с возможностью изменения геометрии кинематических звеньев, а также силовых характеристик за счет изменения приводов (из базы данных).

Конструктивная особенность нашего хватного устройства позволят реализовать различные алгоритмы процесса захвата и перемещения предмета, а также изменения контактного усилия в зависимости от угла поворота кисти манипулятора [4].

На рисунке 1 представлена CAD модель антропоморфного хватного устройства, выполненная в программном комплексе Autodesk Inventor.

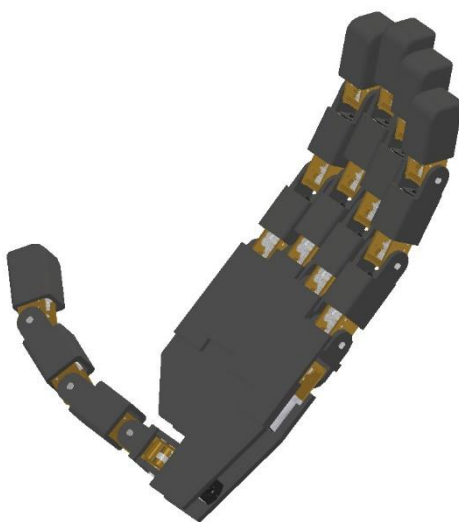


Рисунок 1 – CAD модель антропоморфного хватного устройства

Благодаря функциональной особенности этой программы, любой размер в модели может быть изменен. В этом случае вся модель захвата масштабируется с новыми значениями размеров (рисунок 2). Конструктивные связи и зависимости при этом сохраняются.

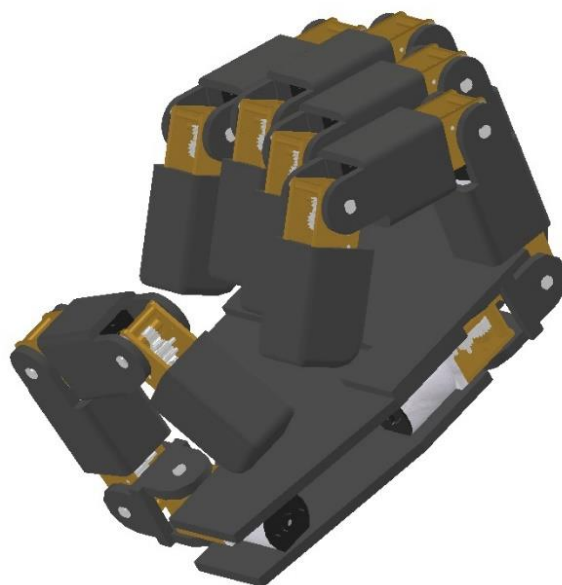


Рисунок 2 – CAD модель антропоморфного захватного устройства с измененными размерами фаланги в положении максимального захвата

Разработанная кинематическая модель позволяет проанализировать варианты захвата и удержания предметов различной конфигурации, размещения датчиков усилия и контакта и их калибровки.

В модели реализуется:

- для реабилитационной медицины – анатомические особенности пациента;
- для промышленности – адаптация под продукцию и технологические особенности, пропорциональное масштабирование при работе с микро- или макрообъектами;
- для МЧС – набор сменных приспособлений под оперативный объект и условия работы с ним.

К недостаткам модели следует отнести невозможность (или большая ошибка) описания взаимодействия с объектами с нелинейной упругостью (воздушный шар, бутылка с жидкостью, тонкостенный стеклянный сосуд и т. п.) и чистотой поверхности. Для решения этих задач нами запланирован ряд натуральных экспериментов для получения набора данных контактного взаимодействия тел с различными свойствами наружной поверхности. Другим направлением работ является обучение систем технического зрения сопоставлению визуального представления объекта с его контактными свойствами.

### **Заключение**

Разработанная адаптивная модель антропоморфного захватного устройства позволит исследовать варианты работы с объектами с различными свойствами поверхности и ее качеством. Анализ кинематики захвата позволит настраивать систему управления на максимальную равномерность приложения усилий захвата и удержания.

## Литература

1. Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642 О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449/page/1>. – Дата доступа: 11.11.2021.
2. Робототехнические комплексы (РТК): основные модели, описание и ТТХ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/robototekhnicheskie-kompleksyi-mchs-osnovnyie-modeli-opisanie-i-tth>. – Дата доступа: 11.11.2021.
3. Kulakov, B. Gradient identification method of the model parameters for electrohydraulic servo drive of FESTO learning system / B. Kulako [et al.] // IOPConf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2020.
4. Антропоморфные роботы и что с ними не так [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kosmolenta.com/index.php/1465-2019-09-01-fedya>. – Дата доступа: 20.04.2022.
5. Semenov, S. Method for increasing the damping of an electro-hydraulic drive system of anthropomorphic walking robots / S. Semenov, M. Ryabinin // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2020.