

УДК 621.865.8

Использование шестипалого шарнирного схвата для сборки и технического обслуживания в условиях космоса

Федоров Георгий Дмитриевич

fgh4506@inbox.ru

Зеленцов Виктор Валентинович

victor.zelentsov@bmstu.ru

SPIN-код: 6896-0148

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В работе рассматривается задача проектирования и применения шарнирного шестипалого схвата для выполнения сборочных и обслуживающих операций в космических условиях. Разработка основана на модели технического демонстратора, предназначенного для взаимодействия с объектами различной формы и размеров. Проведено обоснование конструктивных особенностей и функциональных преимуществ шестипалого захвата по сравнению с традиционными человекоподобными схемами. Показано, что предложенная структура может быть использована в перспективных проектах робототехнических комплексов при обслуживании и выполнении внекорабельных работ на борту орбитальных станций.

Ключевые слова: техническое обслуживание, многопалецевый схват, шестипалый захват, шарнирная робототехника, инженерная робототехника, человекоподобная робототехника

Введение. Рука человека является одним из наиболее универсальных и эффективных манипуляторов, обеспечивающих широкий диапазон движений и высокую точность операций [1]. Однако при выполнении внекорабельной деятельности возможности человека существенно ограничены конструкцией скафандра, что снижает точность и скорость манипуляций. В связи с этим актуальной задачей современной робототехники является разработка схватов, способных воспроизводить, а в ряде случаев превышать функциональные возможности человеческой кисти [2]. Такого рода разработка позволяет повысить эффективность выполнения сборочных операций сборки и обслуживания в сложных условиях, включая работы на борту орбитальных станций. Одним из перспективных направлений является использование шестипалых конструкций, обеспечивающих дополнительную степень свободы и увеличенную площадь контакта с объектом, что способствует более надежному удержанию и точному позиционированию элементов при сборке [3].

Методы и материалы; результаты. В качестве теоретической базы использована классификация типов схватывания, предложенная Дж. Напьером, выделяющая две основные категории: силовой и точностной захваты, а также их смешанные формы [1]. На основе этих принципов разработаны схемы взаимодействия шестипалого схвата с различными типами объектов. Особенностью конструкции является наличие дополнительных углов рыскания для каждой из фаланг, что обеспечивает возможность выполнения сложных ма-

нипуляций, недостижимых для традиционных пятипальцевых и отчасти шестипальцевых схем. Дополнительно, при разработке использовались данные исследований моторных возможностей людей, обладающих шестью пальцами, демонстрирующих улучшенные способности к точной координации движений [4]. Для проведения анализа применялись две системы автоматизированного проектирования (САПР). В среде Comsol Multiphysics выполнен предварительный статический расчет, позволивший определить распределение нагрузок и деформаций в конструкции. В среде Matlab Simscape реализованы симуляции взаимодействия схвата с объектами различной формы и типами хватов: цилиндрическими, сферическими, комбинированными, а также взаимнообратное схватывание на двух поверхностях ладоней. Результаты расчетов показали, что конструкция предплечья выдерживает нагрузку до 60 кг, а сама кисть — до 12 кг без потери функциональной подвижности. Полученные данные подтверждают возможности разрабатываемого схвата при выполнении различных сборочных операций.

Заключение. В ходе симуляций проведено моделирование различных типов хватов, характерных для человеческой руки, и их аналогов, реализованных в шестипалом исполнении. Дополнительный палец позволил существенно повысить устойчивость удержания объектов и обеспечить более равномерное распределение усилий при захвате. Это важно при работе с крупными или несимметричными деталями, встречающимися при сборке конструкций. Благодаря шарнирной конструкции и возможности задействовать обе стороны ладони, разработанный хват демонстрирует улучшенные показатели манипуляционной гибкости по сравнению с традиционными.

Список источников

- [1] Napier J.R. The prehensile movements of the human hand. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 1956, vol. 38B, no. 4, pp. 902–913. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.38B4.902>
- [2] Bicchi A., Kumar V. Robotic grasping and contact: A review. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2000, vol. 1, pp. 348–353. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.2000.844081>
- [3] Siciliano B., Sciavicco L., Villani L., Oriolo G. *Robotics: Modelling, Planning and Control*. London, Springer, 2009, 632 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-642-1>
- [4] Mehring C., Akselrod M., Bashford L., Akselrod O., D'Avella A. et al. Augmented manipulation ability in humans with six-fingered hands. *Nature Communications*, 2019, vol. 10, no. 2401, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10306-w>