

**РАЗРАБОТКА АКТИВНОГО ЭКЗОСКЕЛЕТА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ И СПИНЫ
С НЕПОЛНОЙ КИНЕМАТИКОЙ И ЭЛАСТИЧНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ**

Ледюков А.М. (ИТМО)

**Научный руководитель – доцент Нуждин К.А.
(ИТМО)**

Введение. Современные технологии активно развиваются в области роботизированных систем, в частности, экзоскелетов. Экзоскелеты представляют собой носимые механизированные устройства, которые могут использоваться для увеличения силы и выносливости человека, снижения нагрузки на опорно-двигательный аппарат и помощи в реабилитации пациентов с двигательными нарушениями [1].

Применение экзоскелетов особенно актуально в таких сферах, как промышленность, медицина и военное дело. В промышленных условиях экзоскелеты позволяют уменьшить утомляемость работников при выполнении тяжелых физических операций [2]. В медицинской сфере они применяются для реабилитации пациентов после травм и инсультов, а также для поддержки людей с ограниченными возможностями передвижения. В военной области использование экзоскелетов способствует увеличению выносливости солдат и снижению риска получения травм при переноске тяжелых грузов [3].

Однако существующие конструкции экзоскелетов имеют ряд недостатков, таких как высокий вес, ограничение естественных движений пользователя и значительное потребление энергии [4]. Для решения этих проблем в данной работе предлагается разработка экзоскелета нижних конечностей и спины с неполной кинематикой и эластичными элементами. Использование эластичных элементов позволит улучшить комфорт пользователя, снизить потребление энергии и обеспечить более естественную биомеханику движений [5].

Основная часть. Цель исследования – разработка экзоскелета, обеспечивающего поддержку нижних конечностей и спины при выполнении наклонов, приседаний и других движений, не ограничивая свободу передвижения.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- Анализ существующих решений и выбор оптимальной конструкции;
- Определение геометрии каркаса и расположения точек крепления;
- Разработка кинематической схемы экзоскелета;
- Проверка подвижности каркаса в среде Matlab;
- Анализ положения звеньев экзоскелета и кросс-корреляция движений;
- Определение положения и параметров эластичных элементов;
- Интеграция сервоприводов и системы обратной связи;
- Прототипирование и тестирование экзоскелета;
- Анализ эффективности конструкции и разработка рекомендаций по её оптимизации.

Экзоскелет базируется на принципах биомеханики, учитывает анатомические особенности человека и использует эластичные элементы, связывающие суставы нижних конечностей для распределения нагрузки и накопления энергии при движении. Проведённое моделирование в Matlab позволило проанализировать углы суставов и выявить наиболее эффективное расположение эластичных элементов.

В ходе исследования был построен каркас экзоскелета, проведено сравнение с существующими конструкциями и выполнены испытания, подтверждающие эффективность предложенного решения.

Выводы. В результате работы были выполнены следующие задачи:

- Разработана структурная схема каркаса экзоскелета;
- Построена 3D модель конструкции;
- Проведен сравнительный анализ с существующими решениями;
- Изготовлен прототип и проведены его испытания.

В дальнейшем предстоит определить оптимальные параметры эластичных элементов, интегрировать сервоприводы, систему управления и провести дополнительные тестирования для улучшения функциональности устройства.

Список использованных источников:

1. Wang T., et al., "A Review on the Rehabilitation Exoskeletons for the Lower Limbs of the Elderly and the Disabled". 2021. — Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2079-9292/11/3/388>
2. Golabchi, A., Chao, A., & Tavakoli, M.. "A Systematic Review of Industrial Exoskeletons for Injury Prevention: Efficacy Evaluation Metrics, Target Tasks, and Supported Body Postures." 2022. — Режим доступа: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/7/2714>
3. Jia-Yong, Z., et al. "A Preliminary Study of the Military Applications and Future of Individual Exoskeletons." Journal of Physics: Conference Series, 2020. — Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1507/10/102044>
4. Проблемы существующих экзоскелетов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.robotics-research.com/exoskeletons/issues>
5. Использование эластичных элементов в робототехнике [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050919305923>