

УДК 007.51

## **МЕХАТРОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА**

Палагин В.М., студент группы ОБМР-32205МОрмса, IV курс  
Научный руководитель: Петрова Ю.Н., к.т.н., доцент,  
педагогический дизайнер

Негосударственное образовательное частное учреждение высшего  
образования «Московский университет «Синергия»,  
г. Москва

С ростом числа случаев инсультов, производственных и спортивных травм, а также возрастных изменений, возрастает потребность в эффективных методах восстановления [1]. Мехатронные устройства способны существенно повысить эффективность этого процесса за счет точности и контроля выполнения движений, предлагая персонализированные решения, адаптированные под степень повреждений и динамику реабилитации.

Интеграция с информационными технологиями позволяет вести дистанционный мониторинг, что дает врачам возможность оперативно отслеживать прогресс и корректировать программу лечения. Кроме того, развитие современных технологий делает мехатронные решения более доступными как в медицинских учреждениях, так и для использования на дому [2, 3].

Одним из наиболее перспективных направлений в роботизированной реабилитации является использование экзоскелетных роботов. Эти устройства представляют собой внешнюю конструкцию, которая надевается на тело пациента и может быть, как пассивным, так и активным устройством, оснащенным моторами, гидравлическими или пневматическими приводами, которые воспроизводят движения, аналогичные естественным анатомическим движениям человека. Экзоскелетные роботы могут значительно ускорить процесс реабилитации, обеспечивая пациенту поддержку и помощь в восстановлении двигательных функций, таких как сгибание и разгибание суставов [4]. Однако их разработка требует детального анализа множества факторов, таких как биомеханика движений, безопасность пациента, выбор сенсоров, источников питания и материалов, которые обеспечат комфортное и эффективное использование устройства [5,6].

Робот для реабилитации верхних конечностей с экзоскелетом может приводиться в движение аккумуляторной батареей. [7] Недостатком этого технического решения является то, что в портативном устройстве без внешней фиксации человека точечная работа над конкретным суставом или мышечной группой становится малоэффективной, так как не удастся полностью

зафиксировать остальные суставы и мышечные группы в неподвижном положении. Это может сделать данный прибор непригодным для реабилитации пациентов с существенными двигательными нарушениями верхней части тела либо при травмах позвоночника или шеи. При этом данное техническое решение позволяет проводить реабилитацию одновременно только одной руки, что так же может ограничить эффективность реабилитации.

Техническое решение экзоскелетного устройства для реабилитации рук, включает в себя два одинаковых рычажных механизма, которые расположены зеркально, и каждый из них связан через траверсу со стойкой. [8] Недостаток – ограниченные функциональные возможности, которые связаны с отсутствием приведения в движение лучезапястного сустава.

Устройство для восстановления движений в верхней конечности, состоящий из опоры для предплечья и опоры для кисти, соединенных подвижно между собой при помощи валов первого и второго шаговых двигателей, причем на опоре для фиксации предплечья закреплены первый и второй шаговые двигатели, ремни для фиксации и блок управления, на опоре для кисти закреплены ремни для фиксации, третий и четвертый шаговые двигатели, на валах которых закреплен каркас, к каркасу прикреплены гибкие фиксаторы с текстильными застежками и крепления, содержащие герконы и с торцевых сторон светодиоды, причем текстильные застежки имеют магниты.[9]

Недостатком данного технического решения является его ограниченные функциональные возможности, связанные с приведением в движение лишь лучезапястного и межфаланговых суставов, то есть отсутствием возможности приводить в движение локтевой сустав.

Общей недостатком современных экзоскелетов является высокая стоимость изготовления и эксплуатации.

Технической задачей наших исследований является расширение функциональных возможностей для моторного обучения в реабилитации верхних конечностей.

Достижение наших результатов мы планируем добиться регистрации ЭМГ-сигналов с мышц пациента не инвазивным методом. Одним из наиболее перспективных направлений в роботизированной реабилитации является использование экзоскелетных роботов. Эти устройства представляют собой внешнюю конструкцию, которая надевается на тело пациента и может быть, как пассивным, так и активным устройством, оснащенным моторами, гидравлическими или пневматическими приводами, которые воспроизводят движения, аналогичные естественным анатомическим движениям человека. Экзоскелетные роботы могут значительно ускорить процесс реабилитации, обеспечивая пациенту поддержку и помощь в восстановлении двигательных функций, таких как сгибание и разгибание суставов. Однако их разработка требует детального анализа множества факторов, таких как биомеханика движений, безопасность пациента, выбор сенсоров, источников питания и

материалов, которые обеспечат комфортное и эффективное использование устройства.

Разработка экзоскелетного устройства для реабилитации локтевого сустава с одной степенью свободы (1 - degree of freedom - DoF) требует тщательной проработки анатомических диапазонов движений локтевого сустава. Важным аспектом является обеспечение безопасности пациента при использовании устройства. Для этого необходимо учитывать такие параметры, как диапазон подвижности экзоскелета, который должен соответствовать физиологическим ограничениям суставов пациента. В этом исследовании диапазон подвижности экзоскелета планируется ограничить углами от  $0^\circ$  до  $120^\circ$ , что позволяет осуществлять безопасные и эффективные движения для реабилитации.

Техническим результатом является расширение функциональных возможностей для моторного обучения в реабилитации верхних конечностей.

Таким образом, разработка экзоскелетного устройства для реабилитации локтевого сустава с использованием миоэлектрической системы управления является перспективным направлением в области восстановления моторных функций у пациентов с нарушениями двигательной активности. Применение методов машинного обучения и искусственного интеллекта позволяет значительно повысить точность и надежность системы управления, что открывает новые возможности для эффективной реабилитации и улучшения качества жизни пациентов. Применение коммерческого устройства для регистрации ЭМГ-сигналов повысит точность управления экзоскелетом.

### Список литературы

- 1 Петрищева, Е.В. Инсульты молодого возраста: проблемы ранней диагностики и лечения // Вселенная мозга, 2019. – Т.1. - №2 (2). – С.40-43.
- 2 Ганижева Н. Ж. Использование роботов в медицине // Вестник науки. 2023. №2 (59). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-robotov-v-meditsine> (дата обращения: 31.01.2025).
- 3 Nef, Tobias, Matjaz Mihelj, and Robert Riener. "ARMin: a robot for patient-cooperative arm therapy." *Medical & biological engineering & computing* 45.9 (2007): 887-900.
- 4 Gopura, R. A. R. C., Kazuo Kiguchi, and D. S. V. Bandara. "A brief review on upper extremity robotic exoskeleton systems." *Industrial and Information Systems (ICIIS), 2011 6th IEEE International Conference on. IEEE*, 2011.
- 5 Pons, José L. *Wearable robots: biomechatronic exoskeletons*. John Wiley & Sons, 2008

6 Bhuiyan, M. S. H., I. A. Choudhury, and M. Dahari. "Development of a control system for artificially rehabilitated limbs: a review." Biological cybernetics 109.2 (2015): 141-162.

7 Патент РФ 2024103601 13.02.2024 Устройство для реабилитации верхних конечностей // Патент России № RU225366U1 2024 Бюл.11 / Дони В., Замашкин В.В., Кубряк О.В., [и др.]

8 Патент РФ 2016150201 21.12.2016 Экзоскелетное устройство для реабилитации рук// Патент России № RU175852U1 2024 Бюл.36 / Фролов А.А., Бобров П.Д., Богданов А.А., [и др.]

9 Патент РФ 2017131371 06.09.2017 Устройство для восстановления движений в верхней конечност // Патент России № RU 181515 U1 2024 Бюл.20 / Дудиков Е.М., Машин В.В.