

РАЗРАБОТКА ЭКЗОСКЕЛЕТА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

Нагорный Л.А. (ИТМО), Ледюков А.М. (ИТМО),

Смирнов И. Д. (ИТМО), Андреев Ю. С. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Андреев Ю. С.
(ИТМО)

Введение. У людей, в случаях, где необходима физическая сила человека, возникают проблемы в перемещении тяжелых грузов, когда использование специальной техники затруднено или не представляется возможным. Решением данной проблемы может послужить такое устройство как экзоскелет.

Экзоскелет – это устройство, предназначенное для восполнения утраченных функций, увеличения силы мышц человека и расширения амплитуды движений за счёт внешнего каркаса и приводящих частей, а также для передачи нагрузки при переносе груза через внешний каркас в опорную площадку стопы экзоскелета.

При продолжительном периоде использования, человеку должно быть комфортно в костюме, для того чтобы эффективно выполнять необходимые задачи. Комфорт пользователя обеспечивается за счет уменьшения нагрузок на опорно-двигательный аппарат человека, часть которых распределяется на каркас, а также за счет совпадения осей вращения костюма с точками вращения суставов человека. Для того чтобы снизить вес разработанной конструкции, используются сплавы титана, чьи физико-химические свойства позволяют добиться необходимого запаса прочности каркаса при меньшей массе. Увеличенное количество степеней свободы, позволяет добиться наиболее естественного движения пользователя в костюме, если сравнивать разработанное решение с аналогами.

На сегодняшний день в конструкциях экзоскелетов, чаще всего используются упрощенная кинематика каркаса с меньшим количеством подвижных звеньев, в сравнении с биомеханическим устройством скелета человека. Так, в [1],[2] и [3] используется упрощенная кинематика коленного сочленения, состоящая из одной степени свободы, в то время как в [4],[5] используется многозвенные сочленения, траектории движения которых становятся более схожими с движениями коленного сустава человека, за счет наличия дополнительных степеней свободы. Отдельно стоит упомянуть конструкцию, рассматриваемую в [1], а также в [5].

Сравнение этих двух экзоскелетов между собой, так и в сравнении с разработанным решением – является наглядным примером того, что стандартные конструкции [1] с упрощенной кинематикой, показывают себя менее эффективно, в отличии от решения показанного в [5]. Чем больше степеней свободы – тем меньше смещений, которые возникают между траекториями движения суставов человека, относительно направления движения узлов костюма. Однако не всегда избыточное количество степеней свободы положительным образом влияет на эффективность конструкции. Так, если сравнивать экзоскелет [5] с объектом разработки – разработанное решение показывает большую эффективность при сравнении среднего отклонения относительно маркеров.

Основная часть. Целью работы является создание биомеханической системы для расширения физических возможностей человека с учётом особенностей строения его тела.

В работе произведен анализ существующих решений и их сравнение с разработанной конструкцией. Была создана 3D модель устройства, выполнен прочностной анализ, проведено имитационное моделирование для исследования кинематики каркаса, а также был разработан пластиковый прототип для проведения экспериментальных испытаний конструкции на подвижность.

Выводы. В результате выполнения работы были достигнуты следующие результаты: была произведена оценка эффективности объекта разработки, в сравнении с аналогами,

создана 3D модель экзоскелета, проведены первичные испытания пластикового образца, чьи результаты подтвердили теоретические расчеты.

Список использованных источников:

1. Vukobratovic M. K. When were active exoskeletons actually born? // *International Journal of Humanoid Robotics*. – 2007. – Т. 4. – №. 03. – С. 459-486.

2. Zoss A. B., Kazerooni H., Chu A. Biomechanical design of the Berkeley lower extremity exoskeleton (BLEEX) // *IEEE/ASME Transactions on mechatronics*. – 2006. – Т. 11. – №. 2. – С. 128-138.

3. Cardona M. et al. ALICE: Conceptual development of a lower limb exoskeleton robot driven by an on-board musculoskeletal simulator // *Sensors*. – 2020. – Т. 20. – №. 3. – С. 789.

4. Lovrenovic Z., Doumit M. Development and testing of a passive walking assist exoskeleton // *Biocybernetics and Biomedical Engineering*. – 2019. – Т. 39. – №. 4. – С. 992-1004.

5. Patent US №010442078B2,2015.06.18.

Alain Bujold, Jean-Marc SHEITTOYAN, François Tremblay, Patrice Paquette, Aleksander POHL, Simon FORGET, Anis OUANES, Alain VARY.