

УДК 62-872

## РОБОТИЗИРОВАННЫЙ ЭКСОСКЕЛЕТ ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ ДВИЖЕНИЯ РУК

### Синицкий Матвей Андреевич

Московская область, г.о. Реутов, МАОУ «Лицей», 11 класс

*Научные руководители: Моряков Дмитрий Николаевич, Московская область, г.о. Реутов, инженер-конструктор АО «ВПК «НПО машиностроения»; Тужилин Андрей Николаевич, Московская область, г.о. Реутов, педагог дополнительного образования МБУ ДО ДДТ «Изобретариум»*

На текущий момент на рынке медицинских изделий представлено немного моделей экзоскелета, позволяющих реабилитировать верхний плечевой пояс. Структурно их принцип можно описать следующим образом: сочлененная рука экзоскелета поддерживает руку пациента и многократно перемещает ее в соответствии с заранее запрограммированными упражнениями. Моторы экзоскелета активируются электромагнитным сигналом, считываемым с мышцы, что позволяет усиливать движение руки, позволяя человеку выполнять повседневные бытовые задачи. Для проектирования собственной модели экзоскелета необходимо изучить механику движения человеческих конечностей, а так же имеющиеся у них степени свободы [1].

Изготовленная модель экзоскелета состоит из сочлененной руки и каркаса для закрепления на теле пациента (рисунок 1).

Для понимания расположения плеч рычага и векторов их вращения составлена кинематическая схема. Из деревянных реек и моторов Bioloid Premium собрана тестовая модель экзоскелета. Из-за наличия нескольких осей вращения, возникла проблема с изготовлением три-направленного плечевого шарнира. Было разработано и собрано 4 прототипа, отличающихся по конструкции и способу работы. В итоговой конструкции используется шарнир в виде Г-образной детали с углом наклона  $100^\circ$  (такой угол объясняется анатомией человеческой руки), моторы Мультисерво. Также, для подвижности конструкции на груди, была изготовлена П-образная деталь с подвижным поршневым механизмом (Рис. 2-9).



Рис. 1. Внешний вид экзоскелета

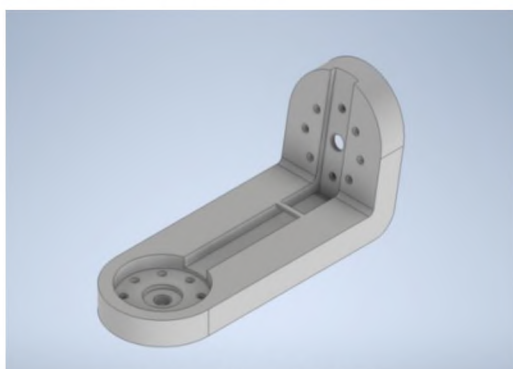


Рис. 2. Г-образная деталь

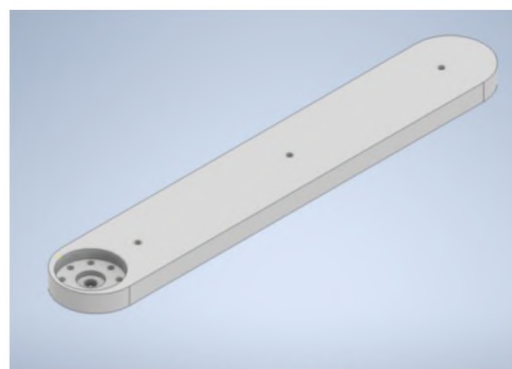


Рис. 3. Предплечье

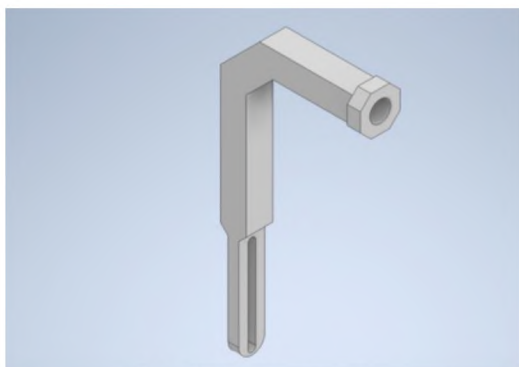


Рис. 4. Левая часть дуги

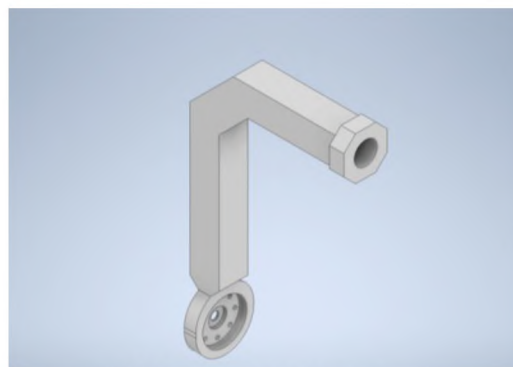


Рис. 5. Правая часть дуги

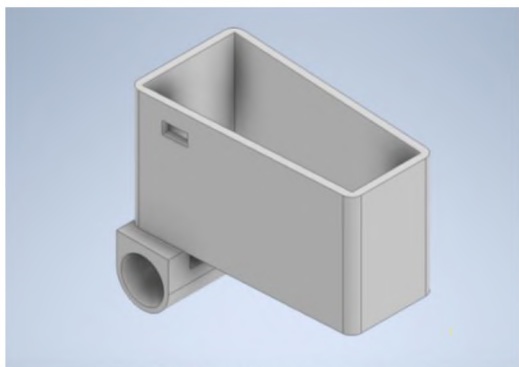


Рис. 6. Коробка мотора дуги

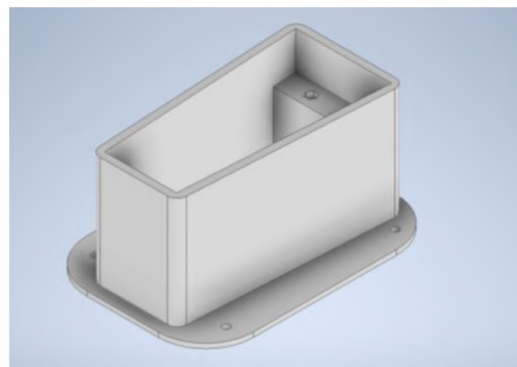


Рис. 7. Крепление мотора на спинной модуль

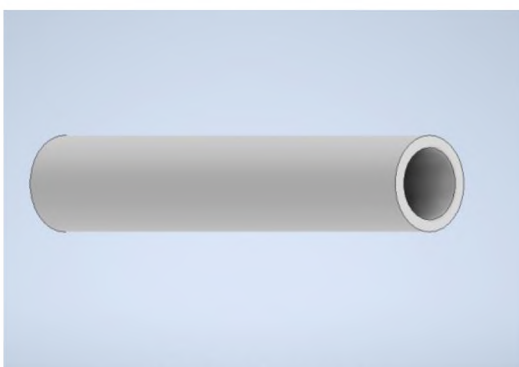


Рис. 8. Цилиндр дуги

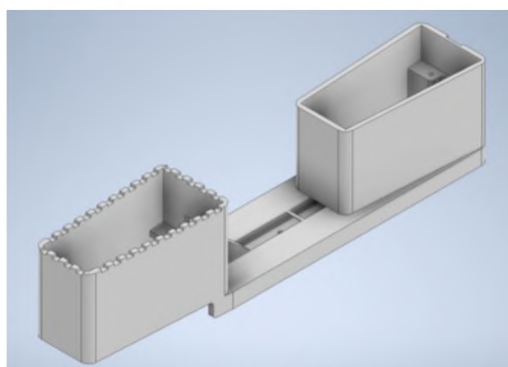


Рис. 9. Плечо

Из спинной части рюкзака и двух пластин сделаны крепежи для дуги со стороны груди и спины. Для закрепления деталей конструкции на руке изготовлены обтекаемые пластиковые хомуты с силиконовым покрытием и фиксирующими ремнями.

Плечи рычага для деталей предплечья, плеча и надплечья рассчитывались по формулам статики. Для предплечья ( $m = 1,5 \text{ кг}$ ;  $l = 210 \text{ мм}$ ) допустимая нагрузка  $38,04 \text{ Н}$ ; плеча ( $m = 2,5 \text{ кг}$ ;  $l = 180 \text{ мм}$ ) –  $41,35 \text{ Н}$ ; надплечья ( $m = 4,0 \text{ кг}$ ;  $l = 200 \text{ мм}$ ) –  $44,71 \text{ Н}$ . Исходя из этих расчетов, были выбраны моторы с моментом силы  $60 \text{ Н} \cdot 0,01 \text{ м}$ .

На основе информации [2] получены сведения о методах управления механизмами посредством электромагнитного сигнала и написан программный код. Его цель – считать электромагнитный импульс с напряженной мышцы, обработать сигнал в цифровое значение и, если значение превышает значение расслабленного состояния, привести в движение моторы. Практические испытания выявили нехватку мощности при одновременном управлении четырьмя моторами, что потребовало использования дополнительного блока питания.

Однако, качество работы сервоприводов сильно зависит от многих факторов, поэтому было принято решение в модели №2 заменить данную систему замкнутым гидравлическим контуром: эластичная трубка, разделенная на 3 равные части. В каждую часть заливается ферромагнитная жидкость [3], к секциям подключаются контакты. При подаче напряжения на две из трех секций, вся конструкция будет сгибаться в направлении третьей. В связи с этим будет изменена конструкция экзоскелета таким образом, чтобы прочно закреплять эластичную трубку и не сковывать движений пациента.

Список литературы:

1. Ananya S. Dhawan, Biswarup Mukherjee, Shrinivas Patwardhan, Nima Akhlaghi, Guoqing Diao, Gyorgy Levay, Rahsaan Holley, Wilsaan M. Joiner, Michelle HarrisLove & Siddhartha Sikda. Proprioceptive Sonomyographic Control: A novel method for intuitive and proportional control of multiple degrees-of-freedom for individuals with upper extremity limb loss, - Scientific reports (2019)
2. Zheng Y.P., Chan M.M.F., Shi J., Chen X., Huang Q.H. Sonomyography: Monitoring morphological changes of forearm muscles in actions with the feasibility for the control of powered prosthesis, - Medical Engineering & Physics 28 (2006) 405–415.
3. Берковский Б.М., Медведев В.Ф., Краков М.С.. Магнитные жидкости. М.: Химия, 1989.