

УДК 629.7.062

## МАНИПУЛЯТОР ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ РУКОЙ

*Усенко Ф.В., Ильясова М.С.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Прудник А.М. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры ИПиЭ*

**Аннотация.** Разработана протезная рука для имитации движений руки человека. Моделирование протезной руки проводилось в SolidWorks. Для управления протезной рукой использована перчатка с датчиками гибкости. Каждый датчик осуществляет контроль одного сервопривода. Сигналы с датчиков гибкости отправляются на плату Arduino Uno для обработки и управления сервоприводами. Каждый палец был связан с леской, которая помогала двигать его. Для управления прототипом использовалась плата Arduino в сочетании с сервоприводом MG946R.

**Ключевые слова:** сервопривод, микроконтроллер, гибкий датчик, протез, 3d принтер, Arduino Uno, сухожилия.

**Введение.** Контроль движения объектов, которыми трудно управлять при помощи обычных механических приспособлений, является актуальной проблемой в различных областях, таких как робототехника, медицина, военное дело и др. Одним из способов решения этой проблемы является использование перчаток на сервоприводах, которые позволяют управлять объектами при помощи движений рук и пальцев пользователя.

В настоящее время перчатки на сервоприводах находят все большее применение благодаря своей гибкости и универсальности. Они используются для управления роботами на производстве, управления дронами, управления медицинскими инструментами и многим другим.

Однако, несмотря на широкий спектр применения, перчатки на сервоприводах до сих пор не являются идеальным решением для управления объектами. Существующие модели имеют ограничения в скорости и точности управления, а также не всегда обеспечивают достаточный комфорт для пользователя.

В связи с этим, проведение дальнейших исследований и разработок в области перчаток на сервоприводах имеет большое значение для улучшения их характеристик и расширения области их применения. В работе рассмотрены основные аспекты перчаток на сервоприводах, а также проведен анализ существующих проблем и возможных направлений и описан процесс сборки макетного образца.

**Основная часть.** Анатомия руки крайне сложна, изысканна и увлекательна, вероятно, является наиболее сложным суставом в теле. Её структура показана на рисунке 1 [1]. Существует несколько важных сухожилий, пересекающих запястье. Сухожилия соединяют мышцы с костью. Сухожилия, которые пересекают ладонную сторону запястья, являются гибкими сухожилиями. Они изгибают пальцы и большой палец и сгибают запястье. Гибкие сухожилия проходят под поперечной карпальной связкой. Эта структура находится на ладонной стороне запястья. Эта полоса ткани не дает гибким сухожилиям сгибаться в сторону, когда вы сгибаете пальцы, большой палец или запястье. Сухожилия, проходящие по задней стороне запястья, крайне важны для нашей ежедневной функциональной жизни. Наши пальцы контролируются сухожилиями, прикрепленными к мышцам руки. Поэтому в статье представлен простой способ создания протеза руки, который может быть управляем человеком через сигналы ЭЭГ (электроэнцефалография) или ЭМГ (электромиография) или протезная рука может использоваться в опасной среде, где люди не могут дотянуться до нужного места.

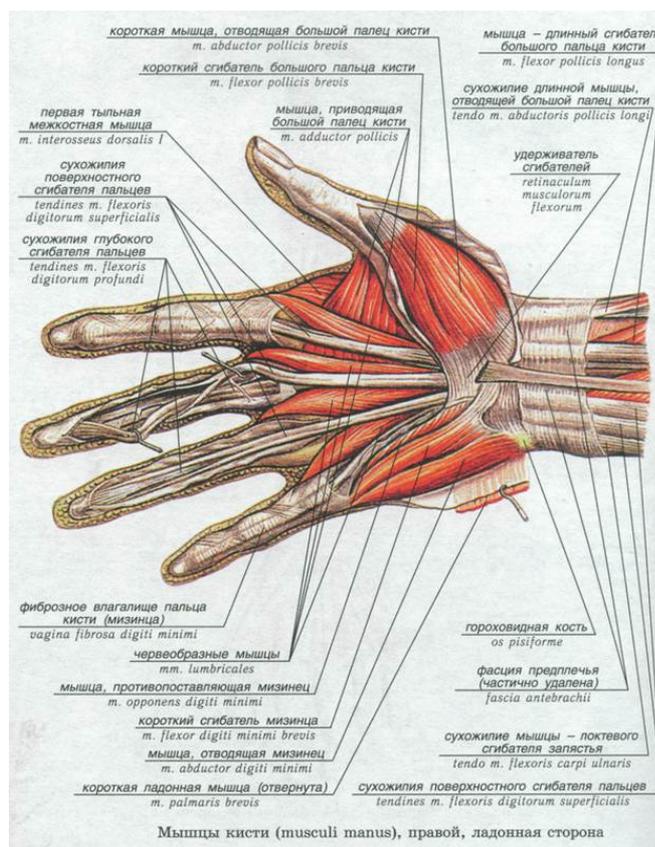


Рисунок 1 – Анатомия руки

Протезная рука разработана с использованием программного обеспечения SolidWorks и распечатана на 3D-принтере. На рисунке 2 показана модель протезной руки.

В качестве контроллера используется Arduino UNO. Arduino - это бренд открытых микроконтроллеров, часто используемых в домашних электронных проектах. Его можно запрограммировать на языке Arduino C, а на сайте Arduino есть программное обеспечение для программирования устройства[2]. Широкий спектр электронных компонентов может быть подключен через плату для опытов в качестве входов и выходов для кода, что делает Arduino невероятно универсальным. Микроконтроллеры Arduino интуитивно понятны, недороги и широко доступны - три фактора, критически важные для доступных и простых в использовании протезов.

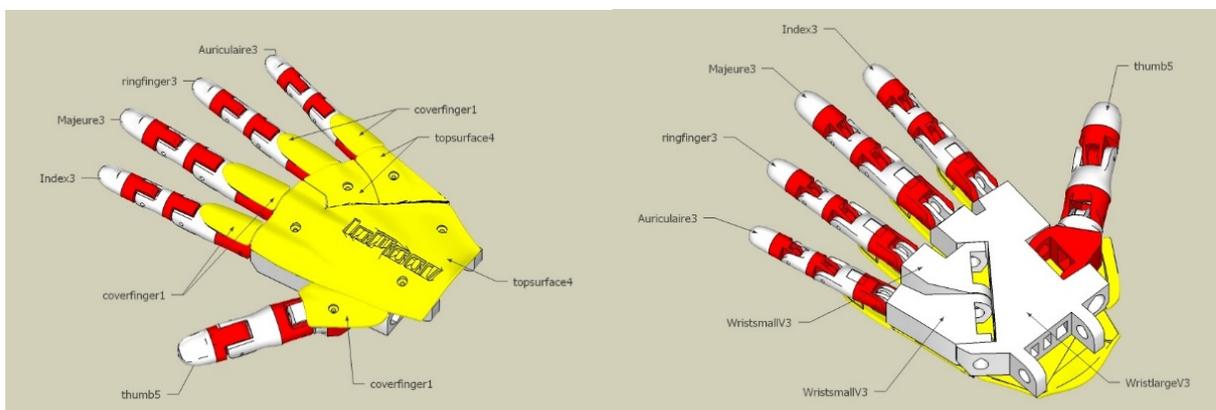


Рисунок 2 – 3D-модель руки

Движение роботизированных пальцев контролируется сервоприводом MG946R. В таблице 1 указаны технические характеристики сервопривода MG946R.

Таблица 1 – технические характеристики MG946R

Напряжение питания	4,8...7,2 В
Крутящий момент	10,5кг/см(4.8В), 13кг/см(6,0В)
Скорость реакции	0,20" / 60° (4.8В), 0,17" / 60° (6,0В)
Угол поворота	180 °
Особенности	двойной шарикоподшипник
Материал шестерней	металл
Рабочая температура	-30...+60 °С
Размеры	40,7x19,7x42,9мм
Вес	55 гр.

Гибкие датчики используются для измерения сгибания пальцев. Когда датчик сгибается, сопротивление на датчике увеличивается. Сигналы с датчиков отправляются на Arduino для обработки и управления сервоприводом, как показано на рисунке 3, который управляет протезной рукой [3].

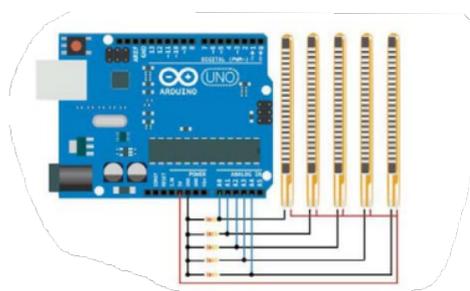


Рисунок 3 – Подключение датчиков к Arduino Uno

Для измерения изгиба пальцев используются гибкие датчики [4]. Когда датчик сгибается, сопротивление на датчике увеличивается. Сигналы от датчиков передаются в Arduino для обработки и управления сервомотором, как показано на рисунке 3, который управляет протезной рукой. Гибкий датчик (R1) подключен последовательно с резистором R2 (22 кОм), как показано на рисунке 4, выходное напряжение на R2 будет высчитываться по формуле 1:

$$V_{out} = V_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2}, \quad (1)$$

где  $V_{in} = 5 \text{ В}$ .

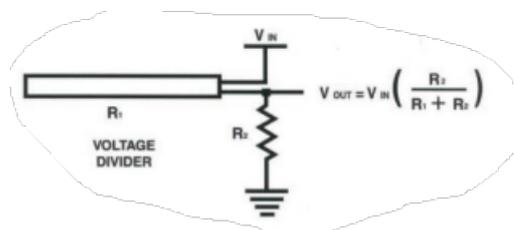


Рисунок 4 – Подсоединение гибких датчиков

На протезной руке есть ряд отверстий для направления сухожилий. Для этого используются лески, которые проходят через эти отверстия, чтобы помочь пальцам двигаться. На рисунке 5 показано, что пять сервомоторов, один на каждый палец, соединены лесками.

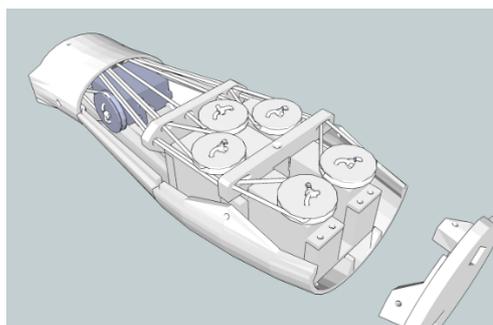


Рисунок 5 – соединение сервоприводов с помощью лески

После присоединения «сухожильной струны» к пальцу и проведения ее через все узкие отверстия, позиции «открытия» и «закрытия» пальцев отмечаются. Можно измерить расстояние, которое прошла леска, и, следовательно, на сколько сервомотор должен повернуться, чтобы открыть и закрыть каждый палец. Arduino Uno используется для управления сервомотором и движением пальцев [5].

**Заключение.** Данный проект имеет высокую актуальность, так как протезные конечности необходимы людям с ампутацией, травмами или родовыми дефектами. Использование перчатки с датчиками гибкости для управления протезной рукой делает ее более удобной и естественной в использовании. Разработка таких протезных рук поможет улучшить качество жизни людей с ограниченными возможностями, а также может найти применение в сферах, таких как медицина, военное дело и робототехника [6]. К основным достоинствам относятся дешевизна реализации, простота в использовании, гибкость, высокая скорость работы, высокая точность и повторяемость. Однако также имеются такие недостатки, как высокая необходимость программирования, ограниченность в работе с различными типами объектов, регулярное обслуживание и уход.

### Список литературы

1. *Анатомия человека. Учебник для высших учебных заведений физической культуры / Михаил Иваницкий / Спорт / 2023.*
2. *Петин В.А., Биняковский А.А. Практическая энциклопедия Arduino//М.: ДМК Пресс. – 2017. – С. 8.*
3. *Накано Э. Введение в робототехнику//Пер. с япон. – М.: Мир, 1988. – С. 270*
4. *Катаев М.Ю., Широков Л.В. Методика определения жестов руки // Доклады ТУСУР. – 2013. – N.1. – С.47.*
5. *Солмер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino//СПб.: БХВ – Петербург. – 2012. – С. 13.*
6. *Jesus S., Murphy R. R. Hand Gesture Recognition with Depth Images: A Review// The 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication. – 2012. – P. 411.*

UDC 629.7.062

## REMOTE CONTROL MANIPULATOR FOR MECHANICAL ARM

*Usenko P.U., Ilyasova M.S.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Prudnik A.M. - PhD, associate professor, associate professor of the Department of EPE*

**Annotation.** The paper describes the prosthetic hand was developed, modeled in SolidWorks to simulate hand movements. A glove with flex sensors was used to control the prosthetic hand, with each sensor controlling one servo motor. The signals from the flex sensors were sent to an Arduino Uno board for processing and controlling the servo motors. Each finger was connected to a fishing line to help move it. The Arduino board was used in combination with the MG946R servo motor to control the prototype.

**Keywords:** servos, microcontroller, flex sensors, prosthesis, 3D printer, Arduino Uno, tendons