

РАЗРАБОТКА ИСКУССТВЕННОЙ МЫШЦЫ ИЗ НЕЙЛОНА ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ТРЕНАЖЕРА

В.С. Стерехова, А.А. Протопопов
Томский политехнический университет
vss45@tpu.ru

Введение:

Развитая мелкая моторика рук человека необходима для выполнения основных видов повседневной жизни. Нарушения движения значительно снижают качество жизни. Расстройство произвольных движений той или иной части тела может быть последствием целого ряда заболеваний, начиная с механических травм, заканчивая инсультом. На данный момент доказано, что значительное влияние на восстановление оказывает именно стимуляция нейропластических процессов ЦНС [1]. Характерным вмешательством такой стимуляции является вынужденная активизация двигательного аппарата нефункционального органа. Такая стимуляция осуществляется с помощью реабилитационных тренажеров. Подавляющее большинство этих устройств можно использовать только в терапевтических институтах, поскольку они требуют помощь квалифицированного персонала. Их цена часто слишком высока, чтобы приобретать такой тренажер для личного использования, а функциональность в основном крайне низкая. Конкретно для пальцев от 1 до 3 степеней подвижности для 90% тренажеров, 4-5 для оставшихся девайсов, и только один для 10 степеней подвижности [2]. Это обусловлено использованием громоздких и дорогих движителей. Поэтому, в качестве движителей было решено использовать эластичный привод. Из имеющихся исследований по реабилитации конечностей, только две разработки работают на электрических моторах в конфигурации с эластичным элементом [3]. А развивающиеся технологии позволяют интегрировать новые типы эластичных приводов в тренажеры. Движителями модуля управления выбраны искусственные нейлоновые мышцы. Это сравнительно новая технология. Мышцы уже применялись в качестве движителей в протезе и успешно себя показали [4].

Задача исследования состоит в определении механизма работы искусственной мышцы и ее интеграция в тренажер для реабилитации моторной функции верхних конечностей.

Обоснования выбора движителя:

В таблице 1 искусственная мышца сравнивается с электроприводом, который используется в существующих протезах, а в таблице 2 проведен расчет стоимости реализации системы с искусственной мышцей.

Таблица 1. Сравнение искусственной мышцы с электроприводом

| | Pololu 250:1 | Мышца |
|-----------------|--------------|-------------|
| Напряжение пит. | 6 В | 5 В |
| Момент силы | | 0.282мНм |
| Крутящий момент | max 980мНм | – |
| Скорость | 55 об в мин | достаточная |
| Цена | около 1500р | около 270 р |

Таблица 2. Расчет стоимости реализации системы с искусственной мышцей

| Компоненты | Цена (руб) |
|----------------------|------------|
| Датчик давления | 115 |
| Датчик температуры | 20 |
| Нейлоновая леска | 1 |
| Нихромовая проволока | 15 |
| Теплоизоляция | 3 |
| Кулер | 120 |

Сравнительный анализ показал, что мышцы уступают по характеристикам электроприводу, но их достаточно, для выполнения поставленной задачи. А цена компонентов в несколько раз ниже, чем цена готового электропривода.

Принцип работы мышцы:

Искусственная мышца берет в основу свойство нейлоновой нити, скрученной в спираль. При нагревании нить сжимается, что эквивалентно сокращению живой мышцы. После остывания или принудительного охлаждения мышца вновь принимает первоначальный вид. Одна мышца способна работать более 10500 циклов без потери производительности [5].

Изготовление мышцы:

Мышцы изготавливаются из нейлоновой лески 6 или 6.6. Для того, чтобы получить мышцу, леску необходимо скрутить в спираль (рисунок 1). Далее мышцу нужно прокалить при высокой температуре, порядка 150 0С в течении получаса. После мышца подвергается тренировке. Необходимо подвергать мышцу однотипным воздействием. Можно проследить, что по началу мышца ведет себя по-разному, но в процессе тренировки это искореняется. После этого, мышца будет сокращаться на одинаковую длину, при одинаковых тепловых воздействиях.

В ходе экспериментов было выявлено, что время сокращения мышцы зависит от мощности

теплового воздействия на нее. Самостоятельно мышца остывает примерно 45 секунд без внешнего вмешательства [4]. В таблице 3 представлен один из режимов работы мышцы.

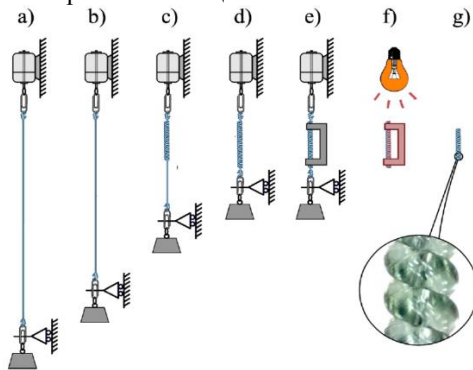


Рис. 1. Процесс изготовления и заправки мышцы

Таблица 3. Режим работы мышцы

| Относительное удлинение, % | Время, с |
|----------------------------|----------|
| 0 | 0 |
| 7 | 5 |
| 12 | 10 |
| 14 | 15 |
| 9 | 20 |
| 5 | 25 |
| 2 | 30 |
| 0 | 40 |

Линеаризованный график работы мышцы в одном из режимов работы представлен на рисунке 2.

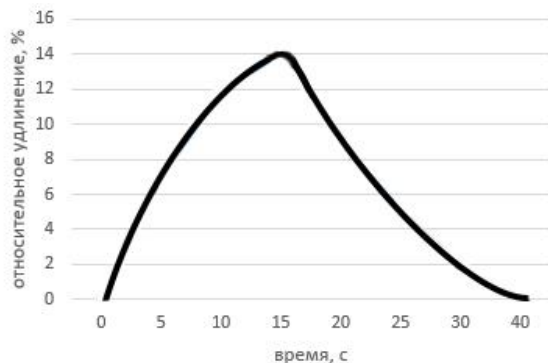


Рис. 2. Зависимость относительного удлинения от времени

Максимальная относительная длина, на которую может сократится мышца составляет 14 процентов от изначальной длины. Температура необходимая для сокращения мышцы близка к 100 °С. В качестве нагревательного элемента используется нихромовая проволока, скрученная в спираль вокруг мышцы [2]. На рисунке 3 представлена установка по изготовлению мышц из нейлоновой лески.



Рис. 3. Процесс изготовления мышцы

Заключение

В данной работе была рассмотрена целесообразность использования нейлоновых мышц в качестве движителей, описан принцип их работы, представлен метод изготовления. В ходе эксперимента была изготовлена мышца, которая прошла процесс тренировки и показала стабильные результаты работы. Эти данные будут использованы для дальнейшей разработки тренажера для реабилитации моторной функции верхних конечностей.

Список использованных источников

1. Pohl PS, McDowd JM, Filion D, Richards LG, Stiers W. Implicit learning of a motor skill after mild and moderate stroke. *Clin Rehabil.* 2006;20:246–253.
2. Wu L1, Jung de Andrade M «Compact and low-cost humanoid hand powered by nylon artificial muscles» // *Bioinspir Biomim.* 2017 Feb 3;12(2)
3. Paweł Maciejasz, Jörg Eschweiler, Kurt Gerlach-Hahn, Arne Jansen-Troy, Steffen Leonhardt, «NeuroEngineering and Rehabilitation» 2014, 11:3 <http://www.jneuroengrehab.com/content/11/1/3> REVIEW, дата обращения 20.05.18 г.
4. Lianjun Wu, «Compact and low-cost humanoid hand powered by nylon artificial muscles», *Bioinspiration & Biomimetics*/2017 Bioinspir. Biomim. 12 026004
5. Simple and strong: Twisted silver painted nylon artificial muscle actuated by Joule heating // *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering* 9056:90560I · March 2014 with 514 Reads.