

технологии изготовления [2]. Пружины сжатия, подвергаемые циклическим нагрузкам, относят к III кассу и изготавливают из стальной углеродистой проволоки по ГОСТ 9389. Однако стальная пружина не будет обладать свойствами соленоида. Пружину-соленоид можно изготовить из проволоки CuNb (70 % меди и 30 % ниобия). Материал характеризуется высоким модулем упругости и высокой прочностью на разрыв до 1,2 ГПа, при электропроводности свыше 60 % IACS.

В условиях промышленных предприятий навивка пружин осуществляется на специальных пружинонавивочных станках или на переоборудованных токарных. Возможно применение ручной оснастки или специализированных полуавтоматов. Из проволоки до 8 мм в диаметре пружины навивают в холодном состоянии и не подвергают закалке [3].

Известен метод намотки соленоида в лаборатории сильных магнитных полей СарФТИ НИЯУ МИФИ, применяемый в рамках разработки многovitкового соленоида для получения магнитных полей свыше 50 Тл [4]. Предварительно провод обматывается стеклотканевой лентой, затем протаскивается через фильеру и наматывается на барабан. Навивка производится при помощи специальной технологической оснастки. Для увеличения проводимости и прочности производится охлаждение соленоида жидким азотом.

Соленоид с упругими свойствами может применяться также в устройствах наподобие электрогидравлического привода Козлова [5]. Приводы такого рода найдут широкое применение в робототехнике, а их внедрение в область протезирования позволит повысить технологичность конструкции и приблизит появление так называемых «мягких» протезов.

#### Литература

1. Линейный электродвигатель: пат. RU2705205 / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет» / Г.В. Атанов, С.Н. Антонов, Г.В. Никитенко. – Оpubл. 06.11.2019.
2. Ануриев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т.3. / В.И. Ануриев. – 8-е изд., перераб. и доп., под ред. И. Н. Жестковой. – М.: Машиностроение. 2001. – 864 с.
3. Технология изготовления пружин и требования к ним / КурскМК [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: Технология изготовления пружин и требования к ним (kurskmk.com). – Дата доступа: 12.03.2022
4. Разработка многovitкового соленоида для получения магнитных полей свыше 50 Тл / И.В. Макаров [и др.] // Электрофизические исследования при высоких интенсивностях воздействия. – С. 258–265.
5. Электрогидравлический привод Козлова: пат. СССР № 901611 / А.А.Козлов. – Оpubл. 30.01.1982.

УДК 615.477.2

### ПОНЯТИЕ БИОНИЧЕСКОГО ПРИВОДА И ЕГО СУЩЕСТВУЮЩИЕ АНАЛОГИ

Студенты гр. 11307120 Грузд Н.А., Едало Е.И.

Кандидат техн. наук, доцент Монич С.Г.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Современные модели протезов зачастую превосходят по функциональности человеческое тело, однако ряд факторов, таких как отсутствие осязания и интуитивного управления, не позволяет в полной мере компенсировать утраченную конечность. Задачи такого рода являются объектом исследований бионики или биомиметики. Бионика – прикладная наука о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы, то есть формы живого в природе и их промышленные аналоги [1].

Бионические протезы, принцип работы которых основан на считывании электромиографических сигналов, приводятся в действие при помощи сервоприводов. Безусловно, сервоприводы имеют ряд преимуществ, однако предполагают наличие цепей преобразования движения, что при ограниченных габаритах протезного устройства усложняет конструкцию и приводит к ограничению подвижности.

Одним из перспективных направлений в решении данной проблемы является разработка так называемых искусственных мышц. За последнее десятилетие было проведено не мало исследований, направленных на создание приводных устройств, способных имитировать принцип работы мышечных тканей человека. Существующие конструкции искусственных мышц содержат

полимерные волокна, материалы с памятью формы, магнитоэлектрические и электроэлектрические системы [2]. Известны гидравлические и пневматические аналоги.

В рамках исследований Колорадского университета в Боулдере был разработан самовосстанавливающийся электростатический мягкий привод с гидравлическим усилением HASEL для применения в протезах рук [3]. HASEL создает силу, которая уменьшается по мере линейного сокращения устройства наподобие мышц человека, в отличие от сервоприводов, создающих крутящий момент, пропорциональный силе тока и не зависящий от вращения на выходе привода. Система работает в 10,6 раз быстрее, имеет большую пропускную способность и потребляет в 8,7 раз меньше электроэнергии, однако имеет сравнительно малую мощность.

Понятие «Искусственный мускул» является общим термином, включающим приводы, материалы или устройства, которые имитируют естественную мышцу и могут реверсивно сжиматься и расширяться. В отношении приводных устройств, применяемых в робототехнике и протезировании конечностей можно ввести понятие «бионический привод» как частный случай искусственной мышцы. Такая формулировка не противоречит определению бионики как науки и вносит важное уточнение в описание типа устройств. Из вышесказанного можно заключить следующее: бионический привод – это устройство преобразования электрической энергии в механическую, имитирующее работу естественных мышц человека.

Аналогом бионического привода может служить также электрогидравлический привод Козлова [4]. Устройство содержит камеры с эластичными стенками, заполненными жидким ферромагнетиком, снабженные электрическими обмотками, состоящими из последовательно включенных катушек индуктивности. По своим свойствам привод во многом превосходит существующие устройства.

Бионический привод может применяться конструкции «мягких» протезов, способных повторять особенности строения утраченной части тела. Такой подход позволит пациентам лучше адаптироваться к устройству и вести полноценную социальную жизнь.

#### Литература

1. Бионика // Словари и энциклопедии по академике [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/tuwiki/119997>. – Дата доступа: 13.03.2022.
2. Bar-Cohen, Y. (ed.). Electroactive polymer (EAP) actuators as artificial muscles: reality, potential, and challenges. – SPIE press, 2004. – Т. 136.
3. Design of a High-Speed Prosthetic Finger Driven by Peano-HASEL Actuators/ Zachary Yoder, Nicholas Kellaris, Christina Chase-Markopoulou // Frontiers in robotics and AI [Electronic resource]. – 2020. – Mode of access: <https://doi.org/10.3389/frobt.2020.586216>. – Date of access: 14.03.2022.
4. Электрогидравлический привод Козлова: пат. СССР № 901611 / А.А.Козлов. – Оpubл. 30.01.1982.

УДК 616.1:616-71

### НАСОС ДЛЯ АППАРАТА ОБЪЕМНОЙ СФИГМОГРАФИИ

Студент гр. 11307117 Дикая В.Ю.

Д-р техн. наук, доцент Степаненко Д.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В настоящее время сердечно-сосудистые заболевания занимают одно из лидирующих мест среди причин смертности в мире. Методы диагностики сердечно-сосудистых заболеваний делятся на физикальные, лабораторные и инструментальные. Физикальные методы обследования позволяют врачу поставить предварительный диагноз, однако для его уточнения необходимы лабораторные и аппаратные исследования. Одним из методов инструментальной диагностики является сфигмография – регистрация пульсовых колебаний сосудов, позволяющая судить об их вязкоупругих свойствах. Данный метод позволяет оценить жесткость артерий, что дает возможность судить об их состоянии и выявлять лиц с высоким риском сердечно-сосудистых заболеваний.

Среди наиболее часто применяемых параметров жесткости сосудистой стенки наибольшую диагностическую значимость показали сердечно-лодыжечный индекс и скорость распространения пульсовой волны.