

фактор устойчивой занятости // Сибирский педагогический журнал.- 2014. - № 6. С. 85-92.

4. Жуков В.Г., Чичерина Н.В., Демченко А.Р. Колледж как ресурсный центр по формированию профессионально-творческой компетенции будущих специалистов // Сибирский педагогический журнал.- 2011. - №9. - С. 250-258.

5. Редько Л.А., Плотникова И.В. Опыт организации обучения управления качеством // Стандарты и качество. -2014. - №1(918). - С. 68-73.

6. Власов В.А., Степанов А.А., Зольникова Л.М., Мойзес Б.Б. Основы научных исследований: учебно-методическое пособие. – Томск, Изд-во ТПУ, 2007 – 202 с.

7. Якимов Е.В., Вавилова Г.В., Клубович И.А. Цифровая обработка сигналов / учебное пособие / Е. В. Якимов, Г. В. Вавилова, И. А. Клубович – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 306 с.

8. Чичерина Н.В. Непрерывная технологическая подготовка студентов как современная педагогическая проблема // Ценности и смыслы. - 2012. -№ 6 (22). - С. 135-145.

УДК 617.576-77615.477.21:004.896

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОТЕЗОМ КИСТИ РУКИ**

*Шигин Герман Владимирович, Южаков Михаил Михайлович, Авдеева  
Диана Константиновна, Наталинова Наталья Михайловна  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск*

E-mail: shigingerman@mail.ru

## **DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE AUTOMATED DEVICE FOR CONTROLLING THE HAND PROSTHESIS**

*Shigin German Vladimirovich, Yuzhakov Mikhail Mikhailovich, Avdeeva Diana  
Konstantinovna, Natalinova Natalia Mikhailovna  
National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

**Аннотация:** В статье рассмотрена проблема протезирования, проведен анализ существующих разработок на сегодняшний день. В статье описывается концепция разработки нанобиоинтерфейса, которая основана на регистрации биопотенциалов мышц при помощи наносенсоров. Проведены предварительные медицинские исследования работы мышц предплечья которые показали, что уровень биопотенциалов достаточен для мысленного управления протезом руки. В результате эксперимента установлено, что мысленное управление протезом возможно, но для этого необходима тренировка и обучение человека.

**Abstract:** In this article the problem of prosthetics, as well as the analysis of existing developments to date. This article describes the concept of development of nano-biointerface based on registration of biopotentials muscles using nanosensors. Preliminary medical research work of forearm muscles showed that the level of biopotentials sufficient for mental control prosthetic

hands. As a result of the experiment it was found that the mental management of prosthesis is possible but it requires training and human education.

**Ключевые слова:** протез; автоматизация; биопотенциал; нанобиоинтерфейс; наносенсор.

**Keywords:** prosthesis; automation; biopotential; nano-biointerface; nanosensor.

В настоящее время одной из существующих проблем является поддержание дееспособности организма человека с ограниченными возможностями. Особое внимание уделяется созданию новых технических средств для максимального восстановления потерянной функциональной способности конечности. Сложность данной задачи заключается не только в том, что необходимо создавать легкие и прочные устройства с высоким уровнем миниатюризации [1] отдельных частей, но и в построении системы управления протезом. Кроме того, проблемы в создании новых и эффективных протезов кисти обусловлены небольшим числом независимых источников сигналов управления при утрате части или всей конечности. Большое влияние на проблему основывается на желании разработчиков к типизации основных модулей протеза руки. Но при разных уровнях ампутации конечности возможны различные алгоритмы управления или другие принципы и методы управления.

Перечисленные проблемы составляют основу разработки компонентов методического, программно-алгоритмического и инструментального обеспечения системы управления автоматизированного устройства для управления протезом кисти руки. Таким образом, разработка сенсорных систем и систем управления утраченных конечностей, являются важнейшим направлением развития медицинской науки и техники.

Протезы рук являются наиболее эффективным техническим средством реабилитации людей с ограниченными возможностями при ампутациях и врожденных дефектах верхних конечностей. Существуют разные типы протезов верхних конечностей. По способу управления, согласно [2], протезы подразделяют на: косметические, функционально-косметические (тяговые) и активные. Косметические протезы рук — это пассивные протезы, предназначенные для воссоздания внешнего физического вида руки. Тяговый протез позволяет людям с ограниченными возможностями выполнять несложные действия и обеспечивает косметический эффект. Активный протез руки предназначен для выполнения сложных и нетиповых рабочих операций, связанных с жизнедеятельностью человека с ограниченными возможностями. На данный момент разработан ряд моделей протезов, в основном, в качестве прототипов [3-6].

Целью работы является разработка автоматизированной системы управления протезом кисти руки, обеспечивающей максимально возможное

использование реабилитационного потенциала людей с ограниченными возможностями.

Для достижения цели работы были поставлены следующие задачи: изучить и ознакомиться с основными методами и средствами протезирования конечностей; исследовать 3 канальную систему для регистрации биопотенциалов; провести предварительные исследования на добровольцах, обработать полученные результаты; проанализировать полученные данные; разработать алгоритм управления автоматизированным устройством для управления протезом кисти и разработать структуру управления системы для протеза руки. Для съема данных используется электромиографический нанобиоинтерфейс для управления протезом кисти руки.

На рис. 1 представлена структурная схема нанобиоинтерфейса для протеза кисти руки.

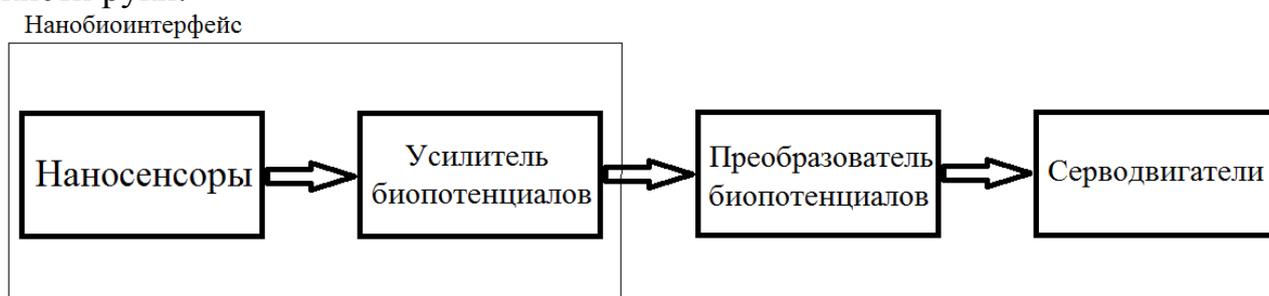


Рис.1. Структурная схема нанобиоинтерфейса для протеза кисти руки

В качестве датчиков для регистрации электромиограммы были использованы наносенсоры, разработанные и испытанные в НПЛ «Медицинской инженерии» при НИ ТПУ [7]. Наносенсоры хорошо подходят для съема ЭМГ, благодаря их высокой стабильности электродного потенциала, стабильных контактных и поляризационных потенциалов, более низкому напряжению шума и сопротивления.

Снятые с наносенсоров биопотенциалы подаются на усилитель биопотенциалов, далее сигнал обрабатывается (биопотенциалы преобразуются в цифровой код) [8], затем обработанный и сформированный код с помощью заданных команд подается на исполнительное устройство (серводвигатели) [9].

Тестирование проводилось в лаборатории медицинской инженерии Национального исследовательского Томского политехнического университета. Для этого было проведено исследование на группе добровольцев из 8 человек. Все испытуемые входили в возрастную категорию от 21 до 26 лет, не имеющих физических отклонений. Предварительно ими было подписано информированное согласие на проведение исследования. В демонстрационных материалах, приведенных в результатах исследования, соблюдена конфиденциальность обследованных добровольцев.

Съем потенциалов осуществляется по трем каналам [10]. Первый и второй канал измеряют электрическую активность бицепсов правой и левой руки

соответственно. Электроды располагаются в области двигательных точек мышц. Третий канал исследует трехглавую мышцу, электроды расположены в области латеральной головки. Земля – локоть правой руки, т.к. в локте находятся связки, которые имеют нейтральный потенциал.

Пример исследования добровольца №2. На рис. 2 представлены следующие результаты регистрации биопотенциала бицепса при физическом и мысленном сгибаниях правой руки в реальном времени.

На электромиограммах видно, что характер поведения биопотенциалов бицепса при мысленном сгибании правой руки подобен физическому сгибанию. Снятые биопотенциалы бицепса значительно превышают помехи, что позволяет распознавать сигнал без дополнительной обработки в режиме реального времени. У добровольца при мысленном сгибании амплитуда изменилась в диапазоне (100-200) мкВ. Уровень биопотенциалов достаточен для мысленного управления протезом руки, исходя из того, что пороговое устройство распознает сигнал от 100 мкВ. В ходе эксперимента полученные результаты позволяют сделать вывод, что мысленное управление протезом кисти руки возможно. Следует отметить, что для уверенного и эффективного управления протезом кисти руки необходима тренировка и обучение.

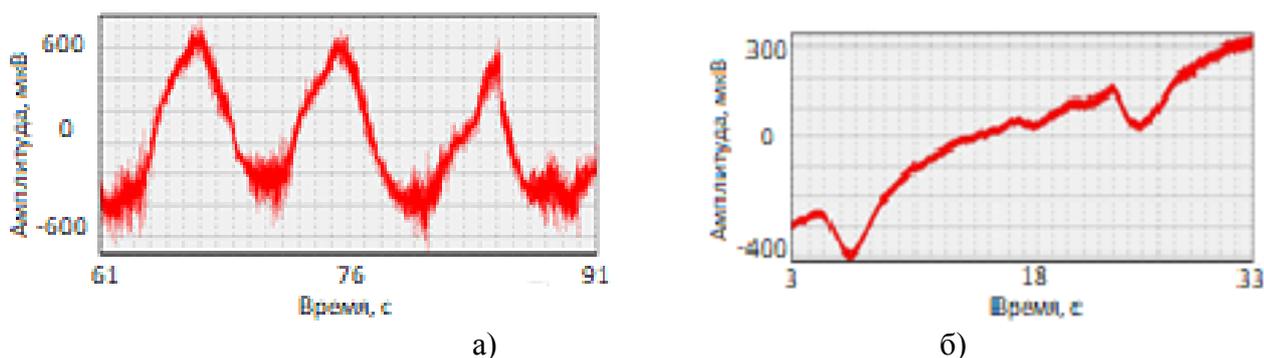


Рис. 2. Биопотенциалы бицепса правой руки добровольца №2, зарегистрированные с помощью физического (а) и мысленного (б) сгибания правой руки

### Список литературы

1. Язид Ясин Мхесен Абу Ханья. Метод и система управления интеллектуальным протезом руки // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Л., 2010. – 3 с.
2. ГОСТ Р 56138-2014 Протезы верхних конечностей.
3. RSLSteeper Bebionic [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.bebionic.com> (дата обращения: 25.05.2018)
4. The i-Limb hand [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.touchbionics.com/i-LIMB> (дата обращения: 25.05.2018)
5. Otto Bock R&D [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ottobockrandd.com> (дата обращения: 25.05.2018)

6. Бионический протез «Страдивари» [Электронный ресурс]. – URL: [http://motorica.org/protezirovanie/stradivary (дата обращения: 25.05.2018)]

7. Иванов М.Л. Разработка и исследование электрокардиографического аппаратно-программного комплекса на наносенсорах для регистрации микропотенциалов сердца в реальном времени без усреднения и фильтрации: дис. канд. техн. наук – Томск, 2015. – 258 с.

8. Турушев Н.В., Кашуба И.В., Южаков М.М. Электронейромиограф // Современные техника и технологии: сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в 3 т. – 2013. – 418 с.

9. Шигин Г.В., Потехин М.Е. Разработка нанобиоинтерфейса для управления протезом кисти руки // Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее: сборник научных трудов VI Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых – Т., 2017. – 101 с.

10. Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я. Учебник по медицинской и биологической физике: Учебник для вузов – М.: Дрофа, 2003. – 203 с.

УДК 614.842.615-027.236:543.32

## **ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОГНЕТУШАЩИХ СВОЙСТВ ПЕНООБРАЗУЮЩИХ СОСТАВОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПОЖАРОТУШЕНИИ**

*Штайнбрехер Наталья Андреевна*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск*

## **INFLUENCE OF WATER HARDNESS SALTS ON THE EFFECTIVENESS OF THE FIRE EXTINGUISHING PROPERTIES OF FOAM HAVE BEEN USED FOR FIREFIGHTING**

*Steinbrecher Natalya*

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

**Аннотация.** Изучалось влияние солей жесткости воды на эффективность огнетушащих свойств пенообразующих составов. В результате проведенного исследования с УПН Майское ПО-6А3Ф и УПН Снежное ПО-6ТФ установлено, что с увеличением жесткости воды, устойчивость пены снижается. Ее устойчивость зависит от таких факторов, как жесткость воды и заряд активного иона поверхностно активного вещества. Установлено, что с увеличением жесткости воды, увеличивается время тушения пожара и расход огнетушащих средств, для наиболее эффективного пожаротушения рекомендуется использовать воду с УПН Снежное ПО-6ТФ.

**Annotation.** Studied the effect of water hardness salts on the effectiveness of the fire extinguishing properties of the foam. As a result of the study with UPN may PO-6A3F and UPN Snow PO-6TF found that with increasing water hardness, foam stability decreases. Its stability depends on factors such as water hardness and charge of the active ion of the surfactant. It is