

УДК 615.47

## НЕКОТОРЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕРФЕЙСА ЧЕЛОВЕК-УСТРОЙСТВО

*А. В. ГУБАНОВ\**, *Т. В. ЖЕМЧУЖКИНА*, *Т. В. НОСОВА*, *Я. В. НОСОВА*

*Кафедра биомедицинской инженерии, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, УКРАИНА  
\*email: alexgubanow@ukr.net*

**АННОТАЦИЯ.** Проблема управления внешними устройствами с помощью различных интерфейсов является актуальной. В статье проанализированы существующие технические решения реализации интерфейсов человек-устройство, определены основные недостатки (проводная связь между сегментами и управляемым устройством, наличие выносного опорного электрода), предложены решения для их устранения. Разработаны структурная и функциональная схемы устройства, основанного на регистрации электромиографического сигнала с учетом положения объекта в пространстве.

**Ключевые слова:** *браслет, датчик, движение, жест, интерфейс, конечность, мышца, электромиография поверхностная*

## SOME TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF REALIZATION OF HUMAN INTERFACE DEVICE

*A. GUBANOV\**, *T. ZHEMCHUZHKINA*, *T. NOSOVA*, *Y. NOSOVA*

*Department of biomedical engineering, Kharkov National University of Radio electronics, Kharkov, UKRAINE*

**ABSTRACT** Recognition of gestures is an actual and important problem. This technology can be applied in various fields of human activity: management of computers and household appliances, creation of a natural human-machine interfaces for the deaf people, manipulation of three-dimensional models of objects, virtual reality applications, management of multicopters and exoskeletons. The purpose of this work is to analyze existing technical solutions of the human interface device implementations and identify disadvantages of these devices, as well as offer some technical solutions to eliminate these disadvantages. There are many fundamentally different systems that implement the motion detection of human limbs: systems using surface electromyography, systems using video camera, systems based on the emission and reception of infrared light, systems using different resistive sensors sewn into clothing. This work is devoted to systems based on the method of surface electromyography. In this work we proposed technical solution for the implementation of the device, based on the detection of electromyographic signal, taking into account the position of the object in space, developed structural and functional schemes of the device. This device is supposed to be implemented on the base of Wi-Fi network technology. To reduce the energy consumption it is necessary to use energy-efficient software algorithms. The proposed implementation of the human interface device has no disadvantages of described analogues: a wired connection between the segments, the presence of a reference electrode. The prospect of working is to optimize the gesture recognition algorithms, testing of these algorithms, study of the possibilities of simultaneous repetitions of movements, definition of the limits of speed and number of degrees of freedom of movement.

**Keywords:** *bracelet, gesture, interface, limb, motion, muscle, sensor, surface electromyography*

### Введение

Интерфейс человек-устройство (Human Interface Device – HID) – класс устройств, предназначенных для взаимодействия с человеком, включающий в себя такие устройства как клавиатура, мышь, игровой контроллер и другие.

В основу работы данных устройств положен принцип распознавания жестов человека. В литературе задачу распознавания жестов руки трактуют по-разному: вычисление позиции ладони, плеч и кончиков пальцев руки; идентификация конфигурации и траектории движения руки и т.д. Распознавание жестов является актуальной и важной задачей. Данную технологию можно применять в различных областях деятельности человека: управление компьютером и бытовыми приборами, создание естественных человеко-машинных

интерфейсов для глухонемых, манипуляция трехмерными моделями объектов, приложения виртуальной реальности, управление квадрокоптерами и экзоскелетом [1].

На данный момент существует множество принципиально разных систем, реализующих определение движения конечностей человека: системы с использованием поверхностной электромиографии; системы, регистрирующие движения с помощью видеокамер и анализирующие полученные изображения (Kinect [2]); системы на основе излучения и приема инфракрасного света (Multitouch Table [3]); системы с применением различных резистивных датчиков, вшитых в одежду (Project FineSkills [4]).

Однако все существующие реализации интерфейса человек-устройство довольно громоздки. Для систем анализа изображения и систем,

основанных на эффекте Доплера, необходимо находиться на фиксированном удалении от устройства. Системы, построенные на основе поверхностной миографии, имеют преимущество среди известных систем, так как они выполняют непосредственный анализ работы мышц.

### Цель работы

Целью работы является анализ существующих технических решений НІД устройств, выявление недостатков этих устройств, а также предложение некоторых технических решений для устранения этих недостатков.

### Изложение основного материала

Существующие устройства на основе поверхностной миографии выполнены в виде различных браслетов, предназначенных для ношения на руке. Типовое решение такого браслета – это радиально размещенные блоки, каждый из которых представляет собой сегмент браслета. Каждый сегмент содержит в себе электромиографические (ЭМГ) электроды и усилитель биопотенциалов. Главный сегмент, кроме основных составляющих, также содержит блоки анализа и управления. Некоторые системы совместно с регистрацией ЭМГ-сигналов используют данные пространственных датчиков, таких как гироскоп и акселерометр.

При построении интерфейса человек-компьютер на основе поверхностной миографии есть несколько проблем, сложно решаемых в условиях миниатюризации пользовательского устройства. Главной проблемой является реализация связи отдельных сегментов браслета с главным, в котором происходит анализ и распознавание движения. Реализация связи между блоками на основе проводной сети приводит к проблеме громоздкости, обусловленной большим количеством соединителей, как следствие – уменьшение надежности и комфорта использования устройства. Возможна реализация связи на основе беспроводных технологий, это устраняет проблему большого количества проводных соединений, но при этом требуется наличие отдельного источника питания для каждого сегмента [5-7].

На сегодняшний день существуют несколько реализаций интерфейса человек-компьютер на основе ЭМГ.

Nokia Research разрабатывают НІД на основе четырех стандартных ЭМГ-датчиков, содержащих два прямоугольных электрода, расположенных поперёк мышечных волокон, а также опорный электрод, расположенный в месте минимальной мышечной активности (рис. 1) [8].

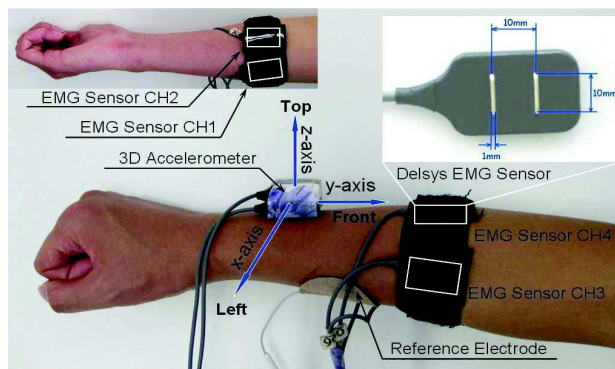


Рис. 1 – Расположение электродов в исследованиях Nokia Research

В способе, предлагаемом корпорацией Microsoft, используется десять точечных электродов, расположенных вокруг руки в два ряда (рис. 2) [9].

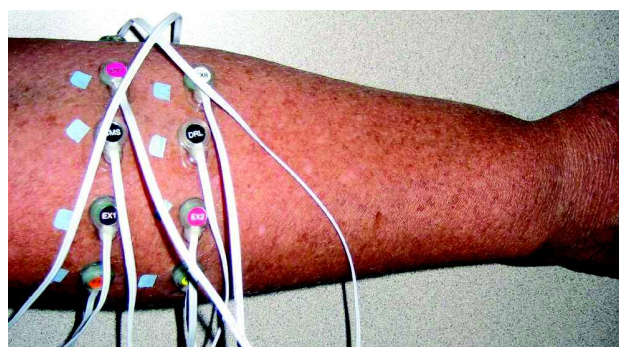


Рис. 2 – Расположение электродов в исследованиях Microsoft

В НІД устройстве, предлагаемом разработчиками компании Thalmic Labs Inc [10], используются экранированные ЭМГ-датчики, расположенные в ряд и сгруппированные в браслет (рис.3).

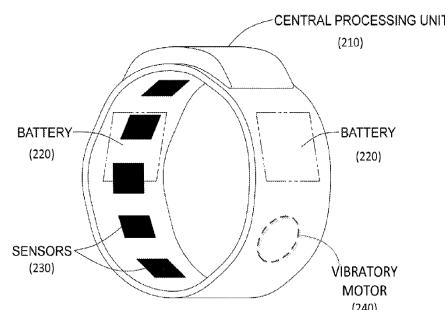


Рис. 3 – Устройство MYO от Thalmic Labs Inc

Схемотехническое решение (рис. 4) от Thalmic Labs Inc решает проблему сопротивления электрод-кожа и не требует наличия опорного электрода.

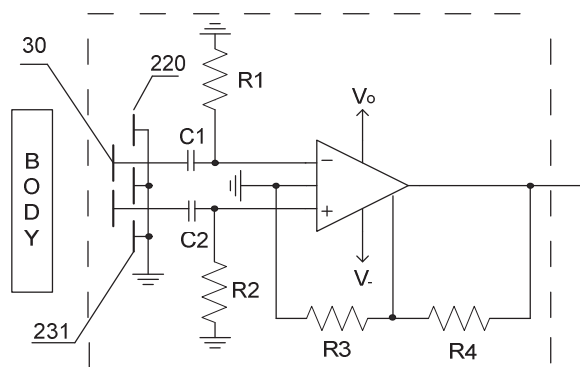


Рис. 4 – Усилитель биопотенциала в устройстве МУО

К недостаткам описанных устройств следует отнести проводную связь между сегментами и управляемым устройством, а у устройств реализации Microsoft и Nokia research – наличие выносного опорного электрода.

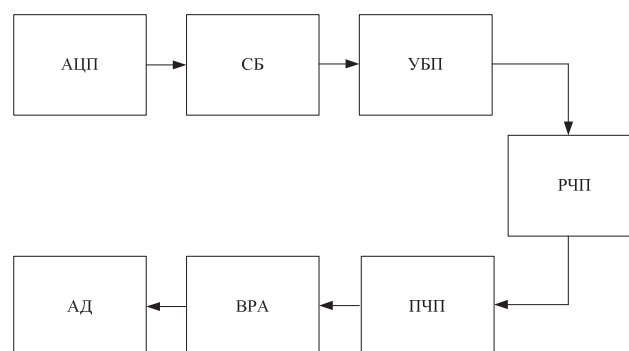
#### Обсуждение результатов

Предлагается устройство, основанное на регистрации ЭМГ-сигнала методом поверхностной миографии с учетом положения объекта в пространстве. Функционально устройство построено следующим образом: ЭМГ-сигнал регистрируется с помощью поверхностной миографии, затем усиливается и преобразовывается в цифровой код, согласно заданным условиям рассчитываются числовые параметры, которые передаются в главный сегмент, затем собранные со всех сегментов данные анализируются, и, если жест распознан, информация об этом передается на управляемое устройство. Функциональная схема разрабатываемого устройства приведена на рисунке 5.

Предполагается реализация устройства в виде браслета, состоящего из восьми равных сегментов. Каждый сегмент имеет два прямоугольных ЭМГ электрода, инструментальный усилитель, микропроцессор и аккумулятор.

Уровень ЭМГ-сигнала мышц верхних конечностей человека при регистрации с помощью поверхностной миографии лежит в пределах от 20 мкВ до 2 мВ. Инструментальный усилитель имеет напряжение смещения менее 20 мкВ с усилением порядка 1000. Микропроцессор содержит в себе АЦП с частотой дискретизации 2 000 Гц и поддерживает работу в беспроводных сетях выбранного стандарта. Связь между сегментами осуществляется путем объединения их в беспроводную сеть. Учитывая, что сегментов (клиентов сети) больше двух, и пропускная

способность больше 400 кБ/с, для этой цели подходят всего два стандарта сетей – IEEE 802.11 (Wi-Fi) и ISO/IEC 18092 (NFC).



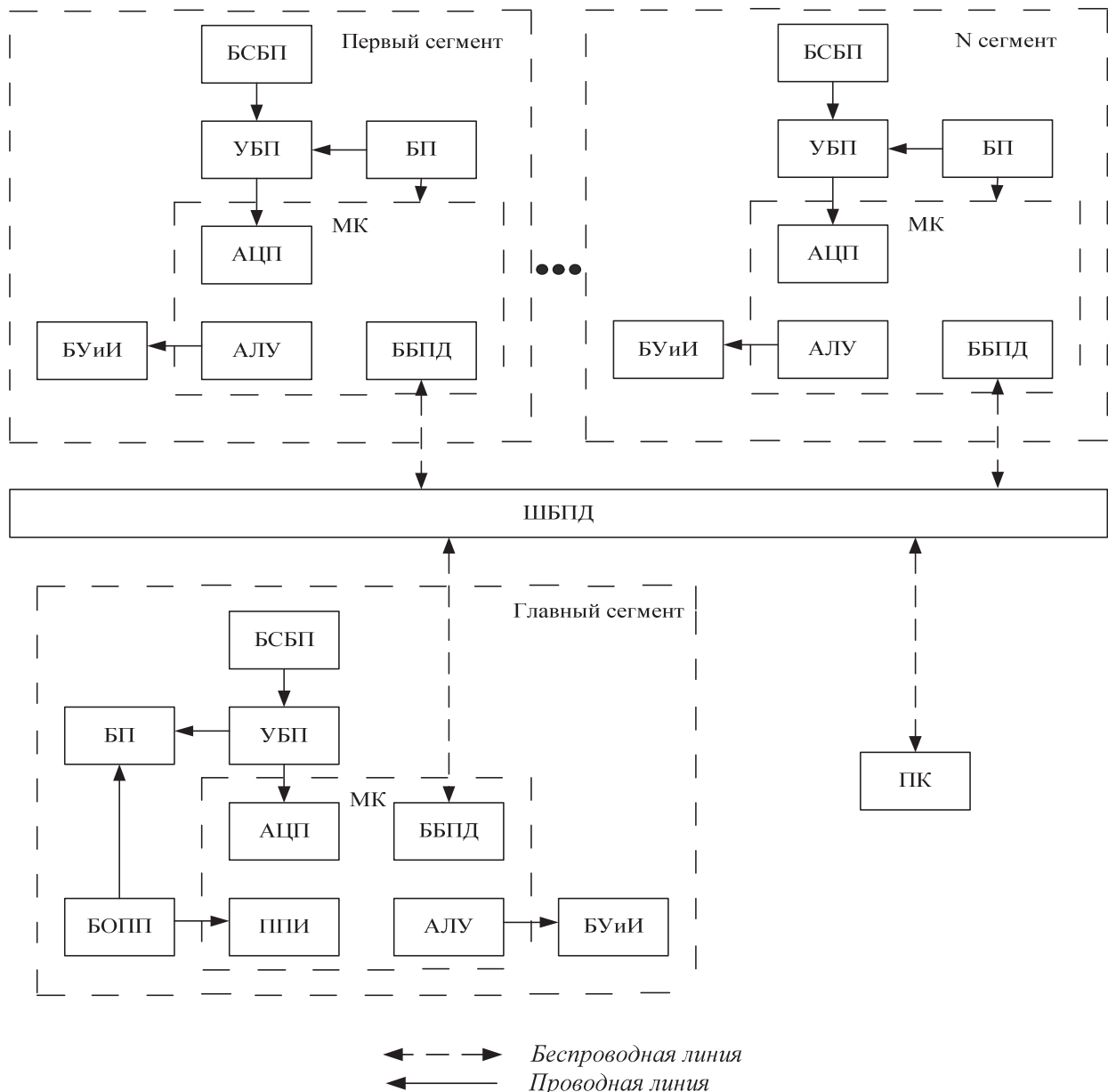
АЦП – аналого-цифровое преобразование, СБ – съем биопотенциалов, УБП – усиление биопотенциалов, РЧП – расчет числовых параметров, ПЧП – передача числовых параметров, ВРА – выдача результата анализа, АД – анализ данных

Рис. 5 – Функциональная схема разрабатываемого НИД устройства

К преимуществам Wi-Fi можно отнести высокую пропускную способность, стандартизированные протоколы передачи данных. Недостатком является большая потребляемая мощность, при активной передаче данных ток потребления достигает 200 мА.

Преимуществом технологии NFC является малая потребляемая мощность, при активной передаче данных ток потребления не более 60 мА. Архитектура сети на основе NFC – это peer to peer сеть. Это повышает надежность и позволяет сохранять работоспособность сети при любом количестве и любом сочетании доступных узлов, но практический предел пропускной способности такой сети находится около 480 кБ/с, также отсутствуют открытые протоколы передачи данных.

В данном устройстве предлагается реализовывать сеть на основе технологии Wi-Fi. Для уменьшения расхода энергии необходимо использовать энергосберегающие программные алгоритмы. Структурная схема разрабатываемого устройства приведена на рисунке 6.



БСБП – блок съема биопотенциалов, БУиИ – блок управления и индикации, УБП – усилитель биопотенциалов, БП – блок питания, АЦП – аналого-цифровой преобразователь, АЛУ – арифметико-логическое устройство, ББПД – блок беспроводной передачи данных, ППИ – последовательный периферийный интерфейс, БОПП – блок определения пространственного положения, ПК – персональный компьютер, МК – микроконтроллер, ШБПД – шина беспроводной передачи данных

Рис. 6 – Структурная схема разрабатываемого НID-устройства

Так как проводные соединения между сегментами браслета отсутствуют, каждый из них требует наличия собственного аккумулятора. Ток потребления каждого сегмента не превышает 250 мА, поэтому для поддержания работы устройства до 8 часов выбран аккумулятор емкостью 800 мА/ч.

Учитывая, что сегментов восемь, и среднее время зарядки одного аккумулятора около 3 часов, потребуется каждые 3 часа подключать следующий сегмент к сети или же подключить сразу 8 зарядных

устройств. Оба варианта неудобны и непрактичны, поэтому выбран принцип беспроводной зарядки на основе индуктивной связи между зарядным устройством и сегментами.

### Выводы

В предлагаемом НID устройстве отсутствуют недостатки описанных выше аналогов: проводная



связь между сегментами, наличие опорного электрода.

Перспективой работы является оптимизация алгоритмов распознавания движений, проведение тестовых испытаний этих алгоритмов, исследование возможности синхронного повторения движений, определение пределов скорости и количества степеней свободы движений.

#### Список литературы

- 1 **Dix, A.** Human-Computer Interaction / **A. Dix, J. Finlay, G. D. Abowd, R. Beale** // *Third Edition, Pearson Education Limited*, 2004. – 857 p..
- 2 **Kastaniotis, D.** A framework for gait-based recognition using Kinect / **D. Kastaniotis, I. Theodorakopoulos, C. Theoharatos, G. Economou, S. Fotopoulos** // *Pattern Recognition Letters*. – 2015. – Vol. 68, p.2. – P. 327 - 335.
- 3 **Ch'ng, E.** New ways of accessing information spaces using 3D multitouch tables / **E. Ch'ng** // *2012 International Conference on Cyberworlds: conference paper, Cyberworlds 2012; Darmstadt; Germany; 25 September 2012 through 27 September 2012* – P. 144-150.
- 4 **Xing, R.** A gesture based real-time interactions with 3D model / **R. Xing, G. Zhao, G. Ma, W. Xiao** // *2nd International Conference on Systems and Informatics, ICSAI 2014; Wistaria HotelShanghai; China; 15 November 2014 through 17 November 2014* – P. 876 - 880.
- 5 **Bobick, A.** The Kidsroom: A Perceptually-Based Interactive and Immersive Story Environment / **A. Bobick, S. Intille, J. Davis, F. Baird, C. Pinhanez, L. Campbell, Y. Ivanov, A. Schutte, A. Wilson** // *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. – 1999. – № 8(4). – P. 367-391
- 6 **Shotton, J.** Real-Time Human Pose Recognition in Parts from Single Depth Images / **J. Shotton, A. Fitzgibbon, M. Cook, T. Sharp, M. Finocchio, R. Moore, A. Kipman, A. Blake** // *In Proc. CVPR*. – 2011. – P. 1297 - 1304.
- 7 **Pugeault, N.** Spelling It Out: Real-Time ASL Fingerspelling Recognition / **N. Pugeault, R. Bowden** // *In Proceedings of the 1st IEEE Workshop on Consumer Depth Cameras for Computer Vision, jointly with ICCV'2011*. – 2011. – P. 1114-1119
- 8 **Pat. US 20090326406 A1** Wearable electromyography-based controllers for human-computer interface: **Desney Tan, T. Scott Saponas, Dan Morris, Jim Turner**, заявитель и патентообладатель Microsoft Corporation № US 12/404,223, заявл. 13 мар 2009, опубл. 31 дек 2009.
- 9 **Zhang Xu** Hand Gesture Recognition and Virtual Game Control Based on 3D Accelerometer and EMG Sensors / **Zhang Xu, Vuokko Lantz, Wang Kong-qiao** // *National Natural Science Foundation of China*, грант №: 60703069.
- 10 **Pat. US 20140240223 A1** Method and apparatus for analyzing capacitive emg and imu sensor signals for gesture

control: **Stephen Lake, Matthew Bailey, Aaron Grant**, заявитель и патентообладатель Thalmic Labs Inc. № US 14/186,878, заявл. 21 фев 2014, опубл. 28 авг 2014.

#### Bibliography (transliterated)

- 1 **Dix A., Finlay J., Abowd G.D., Beale R.** Human-Computer Interaction. *Third Edition, Pearson Education Limited*, 2004, 857 p.
- 2 **Kastaniotis, D., Theodorakopoulos, I., Theoharatos, C., Economou, G., Fotopoulos, S.** A framework for gait-based recognition using Kinect *Pattern Recognition Letters*, 2015, **68(2)**, 327 - 335.
- 3 **Ch'ng, E.** New ways of accessing information spaces using 3D multitouch tables. 2012 International Conference on Cyberworlds: conference paper, *Cyberworlds 2012; Darmstadt; Germany; 25 September 2012 through 27 September 2012*, 144-150.
- 4 **Xing, R., Zhao, G., Ma, G., Xiao, W.** A gesture based real-time interactions with 3D model. *2nd International Conference on Systems and Informatics, ICSAI 2014; Wistaria HotelShanghai; China; 15 November 2014 through 17 November 2014*, 876 - 880.
- 5 **Bobick, A. Intille, S., Davis, J., Baird, F., Pinhanez, C., Campbell, L., Ivanov, Y., Schutte, A., Wilson, A.** The Kidsroom: A Perceptually-Based Interactive and Immersive Story Environment. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1999, **8(4)**, 367 - 391.
- 6 **Shotton, J., Fitzgibbon, A., Cook, M., Sharp, T., Finocchio, M., Moore, R., Kipman, A., Blake, A.** Real-Time Human Pose Recognition in Parts from Single Depth Images. *In Proc. CVPR*, 2011, 1297 - 1304.
- 7 **Pugeault, N., Bowden, R.** Spelling It Out: Real-Time ASL Fingerspelling Recognition. *In Proceedings of the 1st IEEE Workshop on Consumer Depth Cameras for Computer Vision, jointly with ICCV'2011*, 2011, 1114-1119.
- 8 **Pat. US 20090326406 A1** Wearable electromyography-based controllers for human-computer interface: **Desney Tan, T. Scott Saponas, Dan Morris, Jim Turner**, the applicant and the patent owner Microsoft Corporation № US 12/404,223, appl. 13 march 2009, publ. 31 december 2009.
- 9 **Zhang Xu, Vuokko Lantz, Wang Kong-qiao** Hand Gesture Recognition and Virtual Game Control Based on 3D Accelerometer and EMG Sensors, *National Natural Science Foundation of China*, grant №: 60703069.
- 10 **Pat. US 20140240223 A1** Method and apparatus for analyzing capacitive emg and imu sensor signals for gesture control: **Stephen Lake, Matthew Bailey, Aaron Grant**, the applicant and the patent owner Thalmic Labs Inc. № US 14/186,878, appl. 21 feb. 2014, publ. 28 aug. 2014.

#### Сведения об авторах (About authors)

**Губанов Александр Вячеславович** – магистрант кафедры биомедицинской инженерии, Харьковский национальный университет радиоэлектроники; г. Харьков, Украина; e-mail: alexgubanow@ukr.net.

**Alexander Gubanow** – master student, Department of Biomedical Engineering, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine; e-mail: alexgubanow@ukr.net.

**Жемчужкина Татьяна Владимировна** – к.т.н., доцент, кафедра биомедицинской инженерии, Харьковский национальный университет радиоэлектроники; г. Харьков, Украина; e-mail: zhemchuzhkina@rambler.ru.

**Tatyana Zhemchuzhkina** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Associate Professor, Department of Engineering, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine; e-mail: zhemchuzhkina@rambler.ru.

**Носова Татьяна Витальевна** – к.т.н., доцент, кафедра біомедицинської інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки; г. Харків, Україна; e-mail: yasanosova@rambler.ru

**Tatyana Nosova** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Associate Professor, Department of Biomedical Engineering, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine; e-mail: yasanosova@rambler.ru.

**Носова Яна Витальевна** – аспірант, кафедра біомедицинської інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки; г. Харків, Україна; e-mail: nyav007@gmail.com.

**Yana Nosova** – graduate student, Department of Biomedical Engineering, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine; e-mail: nyav007@gmail.com .

*Пожалуйста ссылаетесь на эту статью следующим образом:*

**Губанов А. В.** Некоторые технические решения реализации интерфейса человек-устройство / **А. В. Губанов, Т. В. Жемчужкина, Т. В. Носова, Я. В. Носова** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2015. – № 62 (1171). – С. 52 - 57. – ISSN 2079-5459.

*Please cite this article as:*

**Gubanov, A., Zhemchuzhkina, T., Nosova, T., Nosova, Y.** Some technological solutions of realization of human interface device. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* Kharkiv: NTU "KhPI", 2015, **62** (1171), 52 - 57, ISSN 2079-5459.

*Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:*

**Губанов О. В.** Деякі технічні рішення реалізації інтерфейсу людина-пристрій / **О. В. Губанов, Т. В. Жемчужкіна, Т. В. Носова, Я. В. Носова** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2015. – № 62 (1171). – С. 52 - 57. – ISSN 2079-5459.

**АНОТАЦІЯ** Проблема управління зовнішніми пристроями за допомогою різних інтерфейсів є актуальною. У статті проаналізовано існуючі технічні рішення реалізації інтерфейсів людина-пристрій, визначено основні недоліки (дротовий зв'язок між сегментами та пристроєм, що керується, наявність зовнішнього опорного електрода), запропоновано рішення для їх усунення. Розроблено структурну та функціональну схеми пристрою, що базується на реєстрації електроміографічного сигналу з урахуванням положення об'єкта у просторі..

**Ключові слова:** браслет, давач, рух, жест, інтерфейс, кінцівка, м'яз, електроміографія поверхнева

*Поступила (received) 08.12.2015*