

структур, участвующих в рецепции и трансмембранном переносе, например, трипсин способствует активации эпителиальных натриевых каналов [9, 10]. Однако не ясно, может ли подобный процесс иметь значение для усиления адсорбции и поглощения наночастиц.

#### *Литература*

1. **Zhang L. W.**, Monteiro-Riviere N.A. // *Toxicological sciences*. 2009. V. 110. № 1. P. 138–155.
2. **Xiao Y.**, Forry S. P, Gao X., Holbrook R.D., Telford W.G., Tona A. // *Journal of Nanobiotechnology*. 2010. V. 8. № 13. P. 8–13.
3. **Harush-Frenkel O.**, Debotton N., Benita S., Altschuler Y. // *Biochem Biophys Res Commun*. 2007. V. 353. № 1. P. 26–32.
4. **Zhang H.**, Sun P., Liu C., Gao H., Xu L., Fang J., Wang M., Liu J., Xu S. // *Luminescence*. 2011. V. 26. P.
5. **Duan H. W.**, Nie S. M. // *J. Am. Chem.* 2007. V. 129. P. 3333 – 3338.
6. **Busetto S.**, Trevisan E., Patriarca P., Menegazzi R. // *Cytometry*. 2004. P. A. V. 58A. P. 201 – 206.
7. **Avelar-Freitas B.A.**, Almeida V.G., Pinto M.C.X., Moura F.A.G., Massensini A.R., Martins-Filho O.A., Rocha-Vieira E., Brito-Melo G.E.A. // *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2014. V. 47. № 4. P. 307 – 315.
8. **Чирикова О.А.** Факторы, определяющие процесс адсорбции высокомолекулярных белков плазмы крови на мембранах эритроцитов при мышечных нагрузках. Авт. дис. канд. биол. наук 03.00.13 – физиология. Ярославль. 2006. 22с.
9. **Bengrine A.**, Li J., Hamm L. L., Awayda M. S. // *J Biol Chem*. 2007. V. 282. № 37. P. 26884 – 26896.
10. **Gondzik V1**, Weber WM, Awayda MS. // *Am J Physiol Cell Physiol*. 2012. V. 303. № 9. P. 936 – 346.

### **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРИБОРАМ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТОВ**

***Н.И. Силков<sup>1</sup>, Г.М. Ревяко<sup>1</sup>, А.Е. Новиков<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
ул. П. Бровки, 6, БГУИР, каф. ИПиЭ, 220013, Минск, Беларусь, тел. +375 17 2938824  
E-mail: silkou-rti@bsuir.by*

<sup>2</sup>*ЧУП «Promvad» г. Минск, Беларусь*

Аннотация. Устройства медицинского назначения являются важным компонентом обеспечения медицинской помощи и улучшения здоровья населения. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) признает это. Улучшение здоровья многих людей связано с недавно открывшимися возможностями прогнозировать, предотвращать, диагностировать, а также лечить при помощи технологий, ставшими доступными лишь в последние десятилетия, когда отмечается экспоненциальный рост наименований устройств медицинского назначения. Однако, несмотря на быстрый научно-технический прогресс, не всё население Республики Беларусь может либо хочет пользоваться этими новшествами. Для этого есть несколько причин.

Согласно [1], промышленность, возможно, в состоянии поставлять медицинские диагностические устройства, способные удовлетворить потребности всего мира. Но зачастую наблюдается беспорядочное разнообразие таких устройств, которые приобретаются без необходимости или необдуманно, применяются без соблюдения мер безопасности, применяются неэффективно с точки зрения целей, для которых они предназначались, или даже не применяются вообще.

Кроме того, недостаточное количество информации о потребности, которая будет удовлетворяться диагностическим устройством, влияет на функциональные характеристи-

ки устройства. Такие устройства выходят на рынок, но не пользуются ожидаемым спросом.

Еще одной причиной, почему устройства не находят своего потребителя, и, следовательно, потребители не находят свое устройство, является излишняя увлеченность техникой как инициаторов разработки, так и людей, принимающих решение о распространении устройства. Иногда сам факт наличия конкретной технологии в устройстве представляется более важным фактором, чем обеспечиваемое им качество и благополучие пациентов.

Вместо того чтобы сосредотачиваться на отдельных проблемах устройств медицинского назначения, ВОЗ рекомендует воспринимать эти устройства иным образом – в качестве программы улучшения глобального доступа к надлежащим устройствам медицинского назначения. Эта программа состоит из четырех важнейших компонентов («4 А») – *наличие* (Availability), *достижимость* (Accessibility), *пригодность* (Appropriateness) и *финансовая доступность* (Affordability) [1]. Эти принципы должны приниматься во внимание при разработке устройств медицинского назначения.

*Наличие* означает, что мобильное диагностическое устройство можно найти на рынке устройств медицинского назначения.

*Достижимость* означает возможность людей получить и должным образом применить медицинские технологии хорошего качества.

*Пригодность* означает создание мобильного диагностического устройства, которое научно обосновано, адаптировано к российским нуждам, приемлемо для использования без прямого участия медицинского персонала.

*Финансовая доступность* – степень, в которой предполагаемые потребители мобильного диагностического устройства могут оплатить его.

Для накопления информации о состоянии Потребителя необходимо отслеживать следующие показатели:

- 1) Артериальное кровяное давление,
- 2) Электрокардиограмма,
- 3) Температура,
- 4) Частота дыхания,
- 5) Пульсоксиметрия,
- 6) Пиковая скорость выдоха,
- 7) Отражающая и поглощающая способность участка кожи,
- 8) Накопленная доза радиации и фон.

Возможно, после начала работы над реализацией проекта список функциональных требований, количество и наименование отслеживаемых параметров изменится.

При обработке информации от датчиков следует учитывать тот факт, что около 95% случаев тревожных показаний датчиков обусловлены не реальной опасностью, а артефактами и действиями посторонних факторов. Существуют три основные причины искажений сигналов:

1) Движение пациента. Сопровождается смещением датчиков на поверхности тела (искажает сигналы практически всех датчиков), возникновением потенциалов в мышечных тканях (искажает электрокардиограмму), резким изменением наполнения сосудов кровью (искажает фотоплетизмограмму и результаты пульсоксиметрии).

2) Электромагнитные поля, создаваемые окружающим оборудованием, возбуждают токи помехи в проводах, соединяющих датчики с измерительным оборудованием (искажает сигналы практически всех датчиков).

3) Мерцающий свет (искажает фотоплетизмограмму и результаты пульсоксиметрии).

Рекомендуется использовать следующие способы коррекции искажения сигналов:

1) Усреднение данных, при котором некорректные измерения усредняются с предыдущими измерениями, и величина ошибки уменьшается (пульсоксиметр «Biox3700e» фирмы OHMEDA, монитор «MM200» фирмы ARTEMA и другие).

2) Сопоставление данных от различных датчиков. Например, несоответствие волн фотоплетизмограммы и зубцов R на электрокардиограмме говорит об искажении сигнала (метод C-clock фирмы NELLCOR).

3) Распознавание артефактов по нетипичному изменению показаний, нехарактерному для физиологических изменений. Например, снижение показаний насыщения крови кислородом с 94% до 40% за 3 секунды расценивается как артефакт (алгоритм OXISMART).

4) Распознавание артефактов по изменению сигнала, характерному для воздействия определенного фактора. Например, метод SET (Signal Extraction Technology) фирмы MASIMO позволяет на 93% устранить влияние движения пациента на результаты пульсоксиметрии.

Одной из функций прибора должен быть мониторинг состояния здоровья Пользователя за определенный промежуток времени и работа в режиме прикроватного монитора, что подразумевает накопление данных в течение длительного промежутка времени. Но при частоте дискретизации в среднем 100 Гц и разрядности 2 байта на отсчет каждого канала, для хранения 10 каналов за 24 часа потребуется около 160 мегабайт (без учета служебной информации). Требования к памяти должны быть снижены, для чего необходимо предусмотреть сжатие данных. Кроме методов, позволяющих восстанавливать сжатые данные без потерь, может использоваться метод сохранения лишь трендов – данных об изменении физиологического состояния пациентов.

Один из способов постановки диагнозов по имеющимся показаниям датчиков – разработка медицинской экспертной системы (ЭС). Обоснованность такого выбора подтверждается хорошей применимостью таких систем, где:

1) исходные данные и знания о предметной области неоднозначны, неточны, противоречивы;

2) цели нельзя выразить с помощью четко определенной целевой функции;

3) не существует однозначного алгоритмического решения задачи.

ЭС позволяют решать задачи диагностики, дифференциальной диагностики, прогнозирования, выбора стратегии и тактики лечения и другие [2, 3]. В основу ЭС можно заложить метод опорных векторов, но может быть рассмотрен и метод искусственной нейронной сети.

Ниже приводится список заболеваний, диагностируемых монитором:

- 1) Анемия;
- 2) Цереброваскулярные заболевания;
- 3) Инфекции мочевыводящих путей;
- 4) Сахарный диабет;
- 5) Нарушения сердечного ритма;
- 6) Стенокардия;
- 7) Острый фарингит и Обострение хронического фарингита;
- 8) Апноэ во сне;
- 9) Меланома;
- 10) ХОБЛ (Хронические обструктивные болезни легких);
- 11) Гипотиреоз/Гипертиреоз;
- 12) Расстройства, вызванные злоупотреблением алкоголя
- 13) Риск возникновения заболеваний, вызываемых повышенными дозами радиации.

Список может быть изменен после этапа составления подробного списка конкретных функциональных требований. Кроме того, устройства могут определять отсутствие заболеваний из вышеперечисленного списка.

При проектировании платформы и архитектуры ПО необходимо принимать во внимание следующие рекомендации (U.S. Food and Drug Administration, 1997), применимые для любых медицинских устройств:

- 1) все аспекты конструкции должны максимально соответствовать ожиданиям пользователя (т. е., должны быть понятными скорее интуитивно, чем не интуитивно);
- 2) должен быть учтен предыдущий опыт пользователя в применении медицинских устройств и прочно установившихся традиций;
- 3) проектирование рабочих мест, средств управления и дисплеев должно вестись с учетом основных возможностей пользователя, таких как сила, ловкость, память, возможность дотянуться, зрение и слух;
- 4) средства управления и отображения должны быть хорошо организованы и не загромождены;
- 5) должна быть обеспечена очевидная связь между средствами управления и отображением для упрощения определения результатов, а также сокращения нагрузки на память пользователя.

#### *Литература*

1. ВОЗ Устройства медицинского назначения: устранение несоответствий. Итоги проекта Приоритетные устройства медицинского назначения [В Интернете] // World Health Organisation. - 2012 г. - 25 Июнь 2012 г. - [http://whqlibdoc.who.int/publications/2012/9789244564042\\_rus.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2012/9789244564042_rus.pdf).
2. **Дюк В.А. Эмануэль В.** Информационные технологии в медико-биологических исследованиях [Книга]. - [б.м.] : Питер, 2003.
3. **Силков Н.И.** Технический отчет по проекту "Портативный прибор для неинвазивного измерения параметров функционального состояния пациентов". [Отчет]. - Минск : [б.н.], 2003.

### **ПРИБОР ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕОГРАФИЧЕСКОГО ИНДЕКСА**

***О.Б. Голубкова, В.М. Бондарик, О.В. Ланина***

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
ул. П. Бровки, 6, БГУИР, 22013, Минск, Беларусь, тел. +375 17 2932117  
E-mail: bondarik@bsuir.by*

Abstract. The device for impedance phlebography inspections of receptacles which contains the microcontroller, Bluetooth-module is developed and allows to estimate by four electrode technique an impedance of biological fabrics. The impedance is estimated by passage of a signal of an alternating current of 3 mA and frequency 40 kHz through fabrics. This method allows to receive quantitative and the quality indicators supplementing the clinical data at an estimation of a functional condition of system of blood circulation, as a whole, and in its separate links.

Метод реографии основан на регистрации колебаний сопротивления живой ткани организма переменному току высокой частоты (до 500 кГц и силой не более 10 мА). Применение переменного тока определенной частоты позволяет выделить из общего электрического сопротивления переменный компонент, связанный с пульсовыми колебаниями кровенаполнения. Этот переменный компонент составляет 0.5 - 1 % от общего электрического сопротивления. Электропроводность тканей изменяется в результате пульсации артериального кровотока на фоне почти постоянного кровотока в капиллярах, артериолах и мелких венах. Суммарное сопротивление всех тканей, находящихся в межэлектродном пространстве, отражается реограммой в виде интегральной кривой [1].

Метод реографии позволяет получить количественные и качественные показатели, дополняющие клинические данные при оценке функционального состояния системы кровообращения, как в целом, так и в отдельных ее звеньях. Реографические исследования головного мозга при глаукоме особенно актуальны в начальной стадии, когда можно предположить обратимость гемодинамических нарушений. Принципиальной основой метода реографии является зависимость изменения сопротивления от изменения кровенаполнения в