

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНЫХ МЕДИЦИНСКИХ СИМУЛЯТОРОВ¹

А. Ю. Тычков, А. К. Алимуратов, П. П. Чураков, А. В. Агейкин

DEVELOPMENT OF VIRTUAL MEDICAL SIMULATORS

A. Yu. Tychkov, A. K. Alimuradov, P. P. Churakov, A. V. Ageykin

Аннотация. *Актуальность и цели.* Разрабатываемые виртуальные приборы медицинского назначения направлены на повышение квалификации специалистов-медиков в сфере функциональной диагностики. Повышения уровня компетенций специалистов обеспечат высокий уровень оказания медицинской помощи пациентам. Целью исследования является разработка виртуальных приборов медицинского назначения в сфере функциональной диагностики. *Материалы и методы.* Для разработки виртуальных приборов использовался язык графического проектирования LabVIEW и встроенные в него модули регистрации, обработки медицинских сигналов и данных. *Результаты.* Созданы виртуальные медицинские системы регистрации артериального давления и пульса, электрокардио-, электроэнцефалографических и речевых сигналов, позволяющие обеспечивать регистрацию, обработку и анализ данных. *Выводы.* Разработаны и исследованы виртуальные приборы визуализации и обработки исследуемых медицинских сигналов, используемые в качестве симуляторов диагностических устройств в исследовательских целях и повышения квалификации специалистов-медиков.

Ключевые слова: виртуальный прибор, медицинский симулятор, электрокардиосигнал, электроэнцефалографический сигнал, речевой сигнал.

Abstract. *Background.* The developed virtual medical devices are directed on skills development of medical specialists in the field of functional diagnostics. Raising the level of competencies of specialists will ensure a high level of medical assistance for patients. The purpose of the study is the development of virtual medical devices in the field of functional diagnostics. *Materials and methods.* For the development of virtual devices, the language of graphical design LabVIEW and the built-in modules of recording, processing of medical signals and data was used. *Results.* As a result of the execution of work, virtual medical systems for recording blood pressure and pulse, electrocardio, electroencephalographic and speech signals are created, allowing to provide registration, processing and data analysis. *Conclusions.* The virtual devices of visualization and processing of medical signals under study, used as simulators of diagnostic devices for research purposes and skills development of medical specialists are developed and studied.

Key words: virtual device, medical simulator, electrocardio signal, electroencephalographic signal, speech signal.

Введение

Согласно образовательным стандартам РФ [1] для подготовки специалистов-медиков необходимо использование в образовательном процессе симуляторов медицинского назначения [2]. Медицинские симуляторы способны решать важные задачи здравоохранения [3]:

¹ Работа выполнена при поддержке гранта Президента для кандидатов наук (проект № МК-250.2017.8).

- повышение качества подготовки и повышения квалификации врачей и технического персонала;
- повышение качества оказания медицинских услуг;
- разработка изделий медицинского назначения.

Разработка и совершенствование симуляторов является важной социальной задачей [4].

Известны различные виды медицинских симуляторов, предназначенных для развития [5, 6] хирургии, гинекологии и стоматологии, и других направлений исследования. Известные симуляторы основаны на объемном представлении органов и тканей. Обзор измерительных симуляторов показал, что на рынке они представлены решениями для измерения АД, ЭКС, ЭЭС и т.д. [7].

Известные медицинские симуляторы имеют особенности, имеющие достоинства и недостатки. Медицинские симуляторы используются совместно с оборудованием – манекенами людей и органов, что, в свою очередь, позволяет наглядно продемонстрировать сложный операционный процесс. Адекватное применение диагностического оборудования врачами позволит повысить оперативность и эффективность измерения основных показателей жизнедеятельности человека.

Постановка задачи исследования

Коллективом авторов разрабатываются виртуальные медицинские симуляторы (ВМС), включающие в себя виртуальные приборы регистрации и обработки различных медицинских сигналов [8, 9].

Разрабатываемые ВМС представляют собой готовые решения для использования в медицинских учреждениях и симуляционных центрах.

Для разработки ВМС используется среда виртуального моделирования LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) [10].

Разработка ВМС осуществляется в рамках центра технологий «*National Instruments*» Пензенского государственного университета [11].

Исследование приложения Biomedical Toolkit

Среди известных программных продуктов *National Instruments* известно приложение *Biomedical Toolkit* (ВТ), предназначенное для обработки и анализа различных медицинских сигналов [12].

Согласно аналитическому обзору [13–18] и собственным исследованиям [8, 19–21] приложение ВТ позволяет работать в режиме *on-line*. С помощью данного приложения возможно регистрировать и обрабатывать нестационарные сложноструктурированные медицинские сигналы; восстанавливать и визуализировать медицинские изображения.

На примере определения уровня АД рассмотрим работу ВТ.

Диалоговое окно для определения уровня АД приведено на рис. 1. В окне представлен сигнал пульсовой волны и результаты медицинских измерений.

При разработке ВМС ВТ может использоваться как самостоятельно, так и в качестве вспомогательного узла, выполняющего ввод и отображение сигналов.

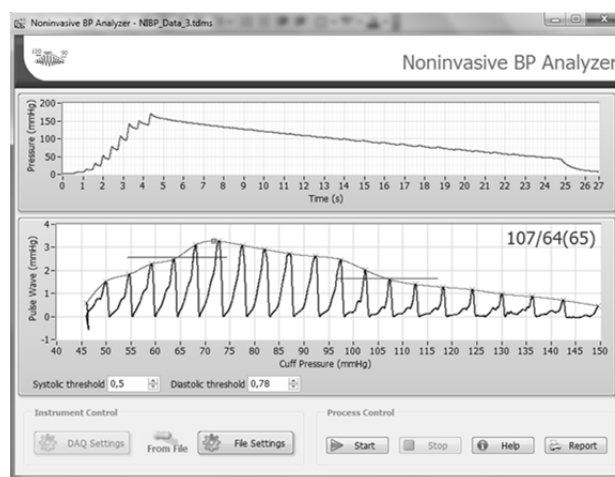


Рис. 1. Диалоговое окно приложения ВТ

Известен ВП измерения АД, разработанный с использованием приложения ВТ (рис. 2).

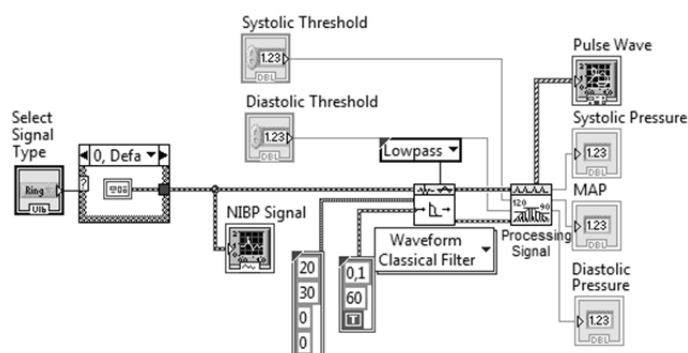


Рис. 2. ВП измерения АД

Источниками сигнала в известном ВП измерения АД являются узлы загрузки данных, в которых вводятся сигналы АД (нормальное, гипертония, гипотония). Блок фильтров осуществляет удаление помех и очистку сигнала пульсовой волны. Блок обработки позволяет распознавать информативные параметры сигнала: систолическое, диастолическое и среднее артериальное давление.

Приложение ВТ является приложением для проектирования новых приборов и виртуальных медицинских систем.

Разработка ВМС

В работе усовершенствован ВМС измерения артериального давления и частоты сердечных сокращений (ЧСС) в среде LabVIEW, позволяющий регистрировать сигнал пульсовой волны, отображать результаты измерений в виде сигнала и значений систолического (САД) и диастолического (ДАД) давлений, рассчитывать состояние нормы/патологии в зависимости от возраста пациента. Блок-схема разработанного ВМС измерения АД и ЧСС приведена на рис. 3, функциональная схема – на рис. 4.

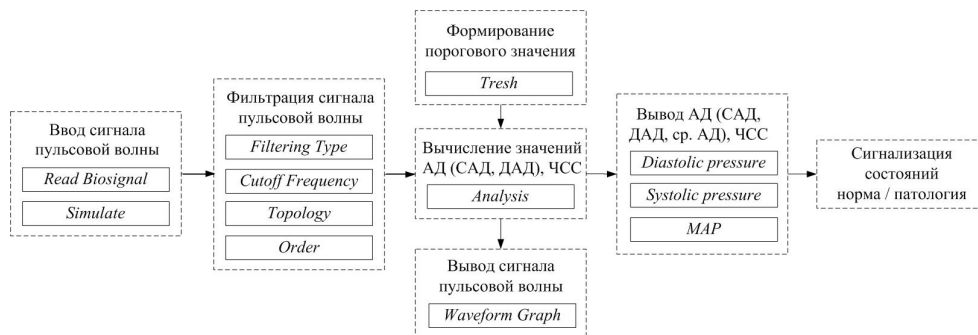


Рис. 3. Блок-схема ВМС измерения АД и ЧСС



Рис. 4. Функциональная схема ВМС измерения АД и ЧСС

При разработке ВМС измерения АД и ЧСС, расчет АД в зависимости от возраста пациента осуществлялись согласно приведенной на рис. 5 функциональной схеме узла устройства.

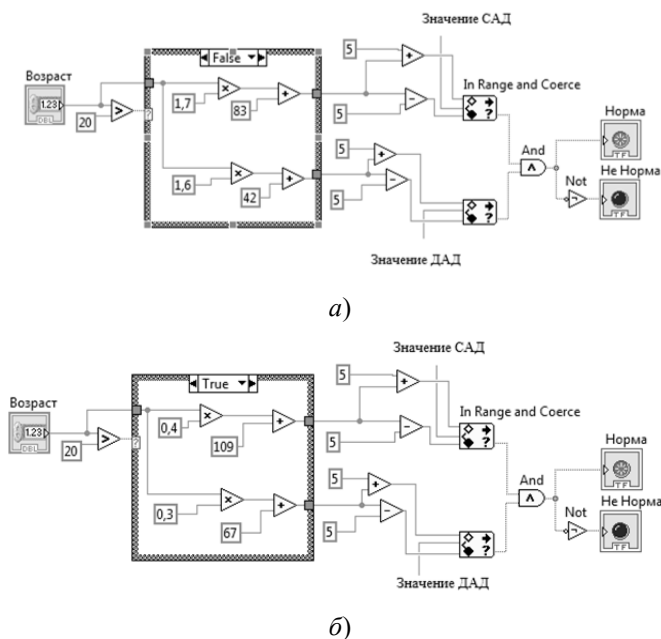


Рис. 5. Функциональная схема узла расчета АД:
а – для людей младше 20 лет; б – для людей старше 20 лет

В работе представлен ВМС обработки ЭКС в среде LabVIEW, позволяющий осуществлять декомпозицию сигнала на амплитудно-временные составляющие, восстанавливать сигнал и представлять результаты обработки. Блок-схема разработанного ВМС обработки ЭКС приведена на рис. 6.

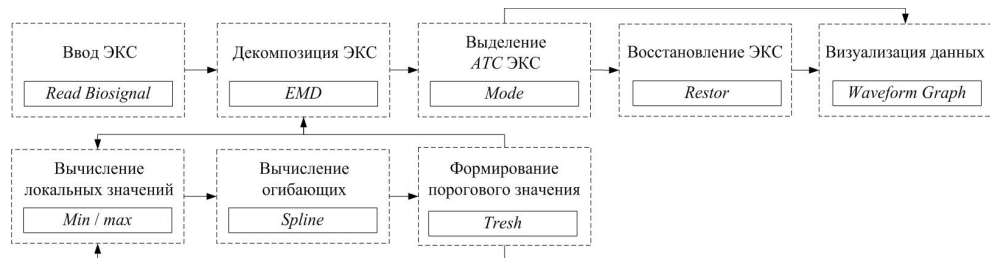


Рис. 6. Блок-схема ВМС обработки ЭКС

В работе усовершенствован ВМС измерения параметров ЭЭС в среде LabVIEW, позволяющий визуализировать ЭЭС, выделять альфа-, бета- и тета-ритмы и вычислять их амплитудные характеристики.

Блок-схема разработанного ВМС измерения характеристик ЭЭС приведена на рис. 7.

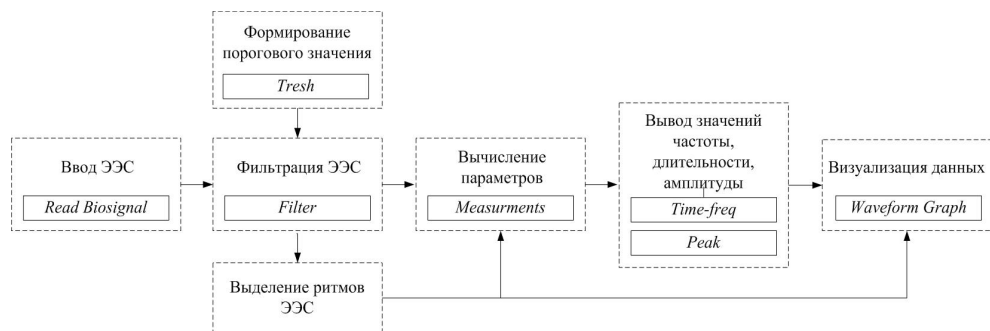


Рис. 7. Блок-схема ВМС измерения параметров ЭЭС

Разработан и запатентован ВМС обработки РС в среде LabVIEW, позволяющий отображать РС, осуществлять предварительную обработку, сегментацию и вычисление частоты основного тока (ЧОТ) как основного маркера психогенных психических расстройств (ППР) на речевых сигналах (РС). Блок-схема разработанного ВМС приведена на рис. 8. Функциональная схема узла расчета ЧОТ приведена на рис. 9.

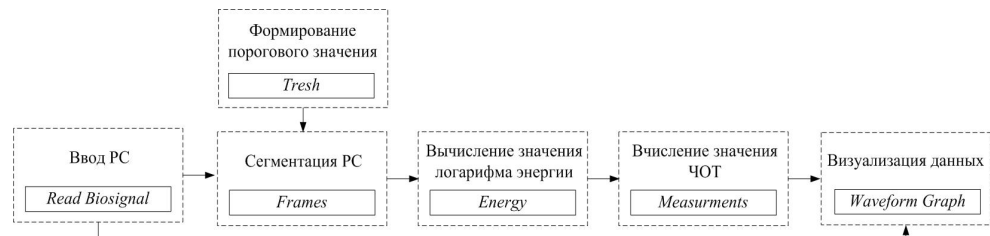


Рис. 8. Блок-схема ВМС обработки РС

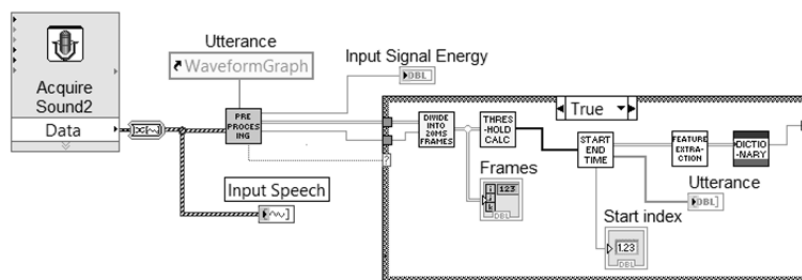


Рис. 9. Функциональная схема узла расчета ЧОТ

Разработанные ВМС могут использоваться для исследования способов обработки медицинских сигналов и в качестве симуляторов медицинского назначения для обучения специалистов работе на современном диагностическом оборудовании.

Заключение

Разработаны виртуальные приборы медицинского назначения, направленные на решение задач функциональной диагностики, а именно, регистрации и обработки различных медицинских сигналов и данных, позволяющие повысить оперативность и эффективность диагностики состояния здоровья организма.

Библиографический список

1. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов. – URL: <http://fgosvo.ru/fgosvpo/7/6/1>
2. Тимофеев, М. Е. Медицинские симуляторы: история развития, классификация, результаты применения, организация симуляционного образования / М. Е. Тимофеев, С. Г. Шаповальянц // Вестник НовГУ. – 2015. – № 2. – С. 36–40.
3. Концепция симуляционного обучения в системе медицинского образования в РФ. – М. : Изд-во МГМУ имени И. М. Сеченова. – 2013. – 38 с.
4. Тычков, А. Ю. Разработка симуляторов медицинского назначения / А. Ю. Тычков, А. К. Алимуратов, П. П. Чураков, А. Н. Тычкова // Качество, инновации, образование. – 2016. – С. 131–136.
5. Горшков, М. Д. Классификация симуляционного оборудования / М. Д. Горшков, А. В. Федоров // Виртуальные технологии в медицине. – 2012. – № 2 (8). – С. 23–35.
6. Антюшин, А. О. Использование технологий виртуальной реальности для определения профессиональной пригодности и подготовки кадров опасных профессий / А. О. Антюшин // Виртуальная и дополненная реальность-2016: состояние и перспективы : сб. науч.-метод. материалов, тезисов и статей конф. / под общ. ред. проф. Д. И. Попова. – М. : Изд-во ГПБОУ МГОК, 2016. – 386 с.
7. Virtumed – виртуальные медицинские симуляторы и тренажеры. – URL: <http://www.virtumed.ru>
8. Проектирование виртуальных приборов регистрации и обработки биомедицинских сигналов в среде LabVIEW : учеб. пособие / А. Ю. Тычков, А. К. Алимуратов, А. В. Кузьмин, П. П. Чураков, А. С. Сергеевков. – Пенза : Из-во ПГУ, 2016. – 54 с.
9. Тычков, А. Ю. Применение технологии виртуального проектирования для разработки медицинских диагностических систем / А. Ю. Тычков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2016. – № 3. – С. 18–26.

10. Тревис, Дж. LabVIEW для всех / Дж. Тревис. – М. : ДМК пресс, 2005. – 537 с.
11. Официальный сайт Пензенского государственного университета. – URL: <http://www.pnzgu.ru>
12. Biomedical Toolkit – приложение для обработки медицинских сигналов и данных. – URL: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/ru/nid/211023>
13. Линдваль, В. Р. LabVIEW для радиоинженера. От виртуальной модели до реального прибора / В. Р. Линдваль, Г. И. Щербаков, Ю. К. Евдокимов. – М. : ДМК Пресс, 2007. – 400 с.
14. Нестеренко, А. К. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW / А. К. Нестеренко, В. П. Федосов. – М. : ДМК Пресс, 2007. – 472 с.
15. Материкин, С. В. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 / С. В. Материкин, В. В. Каратаев, Т. А. Васьковская, П. А. Бутырин. – М. : ДМК Пресс, 2005. – 264 с.
16. Suresh, R. Devasahayam. Signals and systems in biomedical engineering: signal processing and physiological systems modeling / Suresh R. Devasahayam. – NY : Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2000. – 337 p.
17. Севастьянов, И. Г. Получение и обработка сигналов электроэнцефалографа, реализованного в LabView / И. Г. Севастьянов // Вестник КГЭУ. – Казань, 2011. – С. 91–110.
18. Ankush, Sharma. Objects Control through Speech Recognition Using LabVIEW / Ankush Sharma, Srinivas Perala, Priya Darshni // International Journal of Electronics and Computer Science Engineering. – 2013. – Vol. 2, № 1. – P. 102–106.
19. Tychkov, A. Yu. The device of registration of arterial pressure with cuff use with the automatic carpal contour / A. Yu. Tychkov, A. N. Tychkova // International Journal of Applied Engineering Research. – 2014. – Vol. 9, № 23. – P. 19729–19740.
20. Tychkov, A. Yu. Development and testing of the virtual encephalograph / A. Yu. Tychkov // Meditsinskaia tekhnika. – 2014. – Vol. 49, № 1. – P. 26–29.
21. Tychkov, A. Yu. Development in the LabView Environment of a Virtual Instrument for Noninvasive Measurement of Arterial Pressure / A. Yu. Tychkov, O. V. Abrosimova, A. V. Kuz'min // Measurement techniques. – 2015. – Vol. 58, № 9. – P. 1062–1065.

Тычков Александр Юрьевич

кандидат технических наук,
заместитель директора,
Научно-исследовательский институт
фундаментальных и прикладных
исследований,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: tychkov-a@mail.ru

Tychkov Alexander Yuryevich

candidate of technical sciences,
deputy director,
Research Institute for Basic
and Applied Studies,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Алимуратов Алан Казанферович

кандидат технических наук, директор,
студенческий научно-производственный
бизнес-инкубатор,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: alansapfir@yandex.ru

Alimuradov Alan Kazanferovich

candidate of technical sciences, director,
Student Research and Production
Business Incubator,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Чураков Петр Павлович

доктор технических наук, профессор,
кафедра информационно-измерительной
техники и метрологии,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: churakov-pp@mail.ru

Churakov Petr Pavlovich

doctor of technical sciences, professor,
sub-department of information-measuring
technology and metrology,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Агейкин Алексей Викторович

младший научный сотрудник,
Научно-исследовательский институт
фундаментальных и прикладных
исследований,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: keokushinkai@yandex.ru

Ageykin Alexey Viktorovich

junior researcher,
Research Institute of Fundamental
and Applied Research,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

УДК 004.42

Тычков, А. Ю.

**Разработка виртуальных медицинских симуляторов / А. Ю. Тычков,
А. К. Алимуратов, П. П. Чураков, А. В. Агейкин // Модели, системы, сети в экономи-
ке, технике, природе и обществе. – 2018. – № 2 (26). – С. 122–129.**