

5. Dorohov A.F. Temperaturnoe sostojanie detalej CPG malorazmernogo dizelja pri razlichnyh sposobah smeseobrazovanija [A temperature condition of details of TsPG of the small-sized diesel at various ways of a smeseobrazovanije]. //Dvigatelistroenie [Engine-building], 1980, № 4, pages 15 – 18.

6. Dorohov A.F., Bochkarjov V.N. Temperaturnoe sostojanie CPG sudovyh malorazmernih dizel'ej [Temperature condition of TsPG of ship small-sized diesels]. //Dvigatelistroenie [Engine-building], 1986, № 11, pages 51-52.

7. Dorohov A. F. Issledovanie osnovnyh jekspluacionnyh pokazatelej sudovogo dizelja pri ego forsirovanii nadduvom [Research of the main operational indicators of the ship diesel at its speeding up by pressurization] //Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Serija: Morskaja tehnika i tehnologija. [Bulletin of the Astrakhan state technical university. Series: Sea equipment and technology], 2014, №. 4. November. Pages 65 – 72.

8. Pahomova N.V., Dorohov A.F. Odnokonturnaja sistema ohlazhdenija sudovyh dizel'ej [One-planimetric cooling system of ship diesels] //Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Serija: Morskaja tehnika i tehnologija. [Bulletin of the Astrakhan state technical university. Series: Sea equipment and technology], 2013 №. 4. Pages 143 – 148.

9. Politehničeskij slovar'. Pod redakciej I.I. Artobolevskogo [Polytechnical dictionary. Under I.I. Artobolevsky's edition] – M.: Sovetskaja jenciklopedija, [– M.: Soviet encyclopedia], 1977, 607 pages.

10. Savochnik A.E. Algoritmizacija raboty sistemy monitoringa i kontrolja dlja reshenija zadach identifikacii stepeni povrezhdenija tehničeski slozhnyh ob'ektov. //Prikaspijskij zhurnal: upravlenie i vysokie tehnologii. – 2014, №2, str.23-35 [Algorithmization of the system of monitoring and control to solve problems identify the extent of damage technically complex objects. //Caspian journal: management and high technologies. - 2014, №. 2, pp.23-35]

11. Shorin S.N. Teploperedacha. M.:Vysshaja shkola, 1964 - 450 s. [Teploperedacha. M.:vysshij school, 1964 - 450 pages.]

12. Grimmeliuss, H. and Stapersma, D. Control optimisation and load prediction for marine diesel engines using a mean value simulation model, environment and sustainability. In Proceedings of Ensus 2000 conference, Newcastle-upon-Tyne, 2000.

13. Hansen, J. F., Adnanes, A. K, and Fossen, T. 1. Mathematical modelling of diesel-electric propulsion systems for marine vessels. Mathematica and Computer Modelling of Dynamical Systems, 7:1-33, 2001.

14. Morgan, E.J. and Lincoln R.H. Duty Circle for Recreational Marine Engines, Society of Automotive Engineers, Paper 901596, 1990.

15. Ollus R. and Juoperi K. Alternative fuels experiences for medium-speed diesel engines 234, Proceedings of the 25th CIMAC World Congress on Combustion Engine Technology, Vienna, Australia, 2007.

16. Stapersma, D. Modelling of mechanical and heat losses in a diesel engine. Kim-pfs-2000-142, Royal Netherlands Naval College, 2001.

УДК 004.891

**ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АНАЛИЗА
ВОЛЬТАМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОАКТИВНЫХ ТОЧЕК
НА ОСНОВЕ МОДУЛЯ L-CARD E20-10**

Суржикова Светлана Евгеньевна, аспирант, Юго-Западный государственный университет, 305040, Российская Федерация, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, e-mail: moi_lanchik@mail.ru

Шаталова Ольга Владимировна, кандидат технических наук, доцент, Юго-Западный государственный университет, 305040, Российская Федерация, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, e-mail: shatolg@mail.ru

Федянин Вадим Витальевич, аспирант, Юго-Западный государственный университет, 305040, Российская Федерация, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, e-mail: fedyanin.50@mail.ru

Для классификации функционального состояния органов и систем человека, выявления и дифференциальной диагностики социально значимых заболеваний авторами предложено использовать анализ вольтамперных характеристик (ВАХ) биоматериалов в аномальных зонах электропроводности, т.е. в биоактивных точках (БАТ). Удовлетворить требованиям морфологической интактности при исследовании ВАХ БАТ можно путем использования автоматизированной системы, которая включает устройство сбора данных, подключенное к персональному компьютеру; устройство связи с объектом; программное обеспечение для получения данных и анализа результатов. Автоматизированная система позволяет за контролируемый промежуток времени получить совокупность необходимых отсчетов для ВАХ при однократном контакте активного электрода с поверхностью кожи человека. Это позволяет не только выявить положения БАТ, но и провести углубленный анализ их характеристик. При анализе состояния (характеристик) биообъекта могут использоваться ВАХ как для одной БАТ, так и для их группы, связанной с отдельным органом или их совокупностью.

Ключевые слова: автоматизированная система, вольтамперные характеристики биоматериалов, аномальные зоны электропроводности, анализ данных, алгоритмы анализа, информативные признаки, информационные технологии

HARDWARE AND SOFTWARE SYSTEM FOR THE ANALYSIS OF CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS OF BIOACTIVE POINTS BASED ON MODULE L-CARD E20-10

Surzhikova Svetlana Ye., post-graduate student, South-West State University, 94 50 let Oktyabrya St., Kursk, 305040, Russian Federation, e-mail: moi_lanchik@mail.ru

Shatalova Olga V., Ph.D. (Engineering), Associate Professor, South-West State University, 94 50 let Oktyabrya St., Kursk, 305040, Russian Federation, e-mail: shatolg@mail.ru

Fedyanin Vadim V., post-graduate student, South-West State University, 94 50 let Oktyabrya St., Kursk, 305040, Russian Federation, e-mail: fedyanin.50@mail.ru.

To classify the functional state of organs and systems of the person, the detection and differential diagnosis of socially significant diseases, the authors propose to use the analysis of current-voltage characteristics of biomaterials in anomalous zones of conductivity, that is, in bioactive points. Morphological integrity requirements can be satisfied by using an automated system that includes data-collection unit connected to a PC, communication unit and corresponding software for data acquisition and analysis of the results. The automated system allows for a controlled period of time to obtain a set of required readings for the current-voltage characteristics of the single active electrode to the surface of skin of the person. This allows not only to identify bioactive points, but also to conduct in-depth analysis of their characteristics.

When analyzing the state (characteristics) of biological object can be used voltage-current characteristic for a single bioactive points and their group associated with a separate body or all of it.

Keywords: automated system, data analysis, algorithm analysis, the current-voltage characteristics of biomaterials, anomalous zone conductivity, the analysis algorithms, informative signs

Введение. Одним из направлений развития информационных технологий для прогнозирования и ранней диагностики социально значимых заболеваний являются биоимпедансные исследования аномальных зон электропроводности – биоактивных точек (БАТ) [5, 11]. Однако в существующей литературе вопросы получения и обработки соответствующих данных отражены в целом недостаточно. Поэтому целями настоящей статьи являются следующие: общий анализ проблематики исследований БАТ и их характеристик; разработка экономичных способов получения информации; создание новых методов углубленной обработки этой информации путем использования программно-аппаратного комплекса, выполненного на основе автономной системы сбора данных и унифицированных программных модулей.

Общая характеристика проблематики работы. Популярными методиками исследований феномена электропроводности БАТ являются Система Риодораку Е. Накатани и

методика Р. Фоля [2, 4]. Система Риодораку основана на регистрации электрокожного сопротивления в репрезентативных (представительных) акупунктурных точках, расположенных по 12 меридианам (цепочка из близлежащих наиболее активных точек, характеризующих состояние соответствующего внутреннего органа) [1, 9]. В этом случае исследование пациента должно проводиться в комфортных условиях, в горизонтальном положении, в состоянии физического и психического покоя – такие условия весьма затруднительно выполнить вне стационара. По методике Р. Фоля в БАТ проводится измерение потенциала реакции тела или его отдельных органов на ток, которым воздействуют на эти точки [15, 16, 17]. Однако при этом имеет место большой разброс результатов измерений, обусловленный индивидуальными особенностями организмов, не связанными с патологиями. Кроме того, отметим, что этот метод в целом ориентирован на диагностику патологий не отдельных органов и систем организма, а меридианов внутренних органов.

Эти факторы приводят к тому, что использование биоимпедансного подхода применительно к БАТ вступает в противоречие с методологией диагностики и лечения, принятой в европейской классической медицине; не позволяет широко использовать указанный подход в клинической практике. Поэтому, исследования, направленные на совершенствование интеллектуальных систем диагностики на основе контроля электропроводности в БАТ являются достаточно актуальными.

Распространенной методикой исследований феномена электропроводности БАТ является построение их вольтамперных характеристик (ВАХ) [3]. Такие ВАХ позволяют изучить гистерезисные свойства электропроводимости биообъекта, которые имеют высокую информативность при ранней диагностике различных заболеваний. Однако сам процесс снятия ВАХ в БАТ является достаточно трудоемким, требует значительных затрат времени и не удовлетворяет требованию морфологической интактности [7, 8]. Поэтому авторами была создана автоматизированная система (АС) для получения ВАХ в БАТ и специальные методики обработки данных, позволяющие строить вектора информативных признаков.

Описание аппаратной части АС (комплекса). Разработанная АС состоит из устройства сбора данных, подключенного к персональному компьютеру (ПК); устройства связи с объектом (УСО); соответствующего программного обеспечения. В качестве УСО во всех режимах используется разработка, функциональная схема которой показана на рисунке 1 [12]. Измерение тока в биообъекте осуществляется с помощью токового резистора R_T , инструментального усилителя (ИУ), и аналогово-цифрового преобразователя (АЦП), которые также входят в состав УСО. Номинал сопротивления R_T при заданном максимальном токе через биоматериал определяет коэффициент усиления ИУ. Если максимальный ток через биообъект составляет 50 мкА, а $R_T=1$ кОм, то при динамическом диапазоне на входе АЦП ± 3 В коэффициент усиления ИУ составит 100.

Рассматриваемая АС позволяет за контролируемый промежуток времени получить необходимый набор отсчетов для ВАХ при однократном контакте активного электрода с биообъектом.

Для проектирования такого рода АС нам необходим блок для подачи, съема и регистрации сигнала, использующий АЦП [10, 11]. В качестве блока преобразования целесообразно использовать модуль быстрореагирующего АЦП с USB 2.0 интерфейсом - E20-10, например производства ЗАО «L-Card» (<http://www.lcard.ru>). Этот модуль обеспечивает высокоскоростной непрерывный сбор данных на частотах до 10 МГц. В разработанном устройстве используется четырехканальная архитектура с одним АЦП; коммутатором, который обеспечивает статический режим измерения собственного нуля независимо для каждого канала; входные буферные усилители в последовательно опрашиваемых каналах полностью исключают коммутационную помеху; активные фильтры низкой частоты (ФНЧ) 3-го порядка в каждом канале улучшают соотношение сигнал/шум.

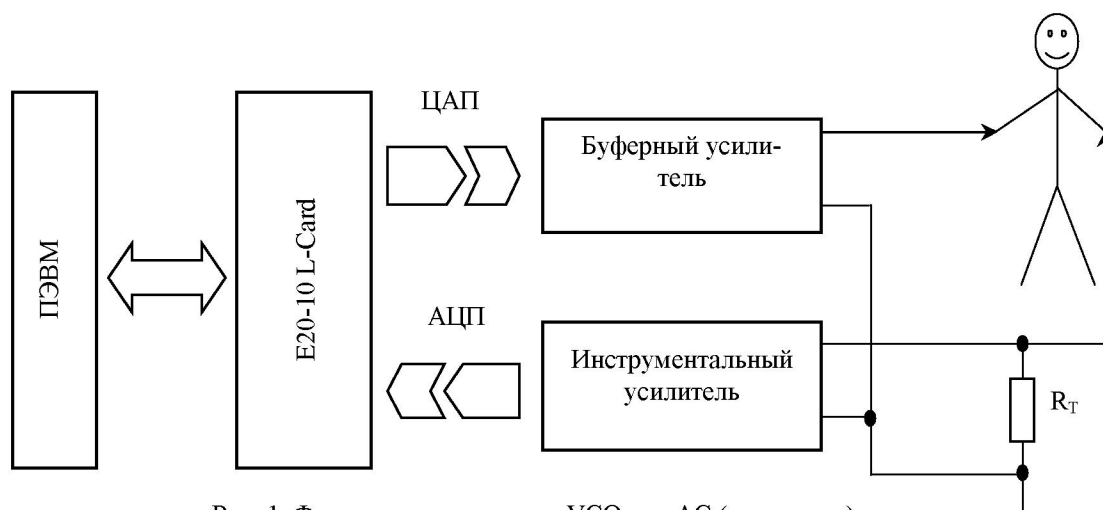


Рис. 1. Функциональная схема УСО для АС (комплекса), предназначенной для исследования характеристик БАТ

Расширенная система синхронизации с конфигурируемыми линиями АЦП и сигналом старта сбора данных от внешнего, либо от внутреннего источников, позволяет реализовывать внутреннюю или внешнюю синхронизацию, а также транслировать внутренние сигналы синхронизации наружу. Это позволяет создавать одно- и многомодульные системы, синхронные относительно одного из модулей или относительно внешнего источника синхронизации.

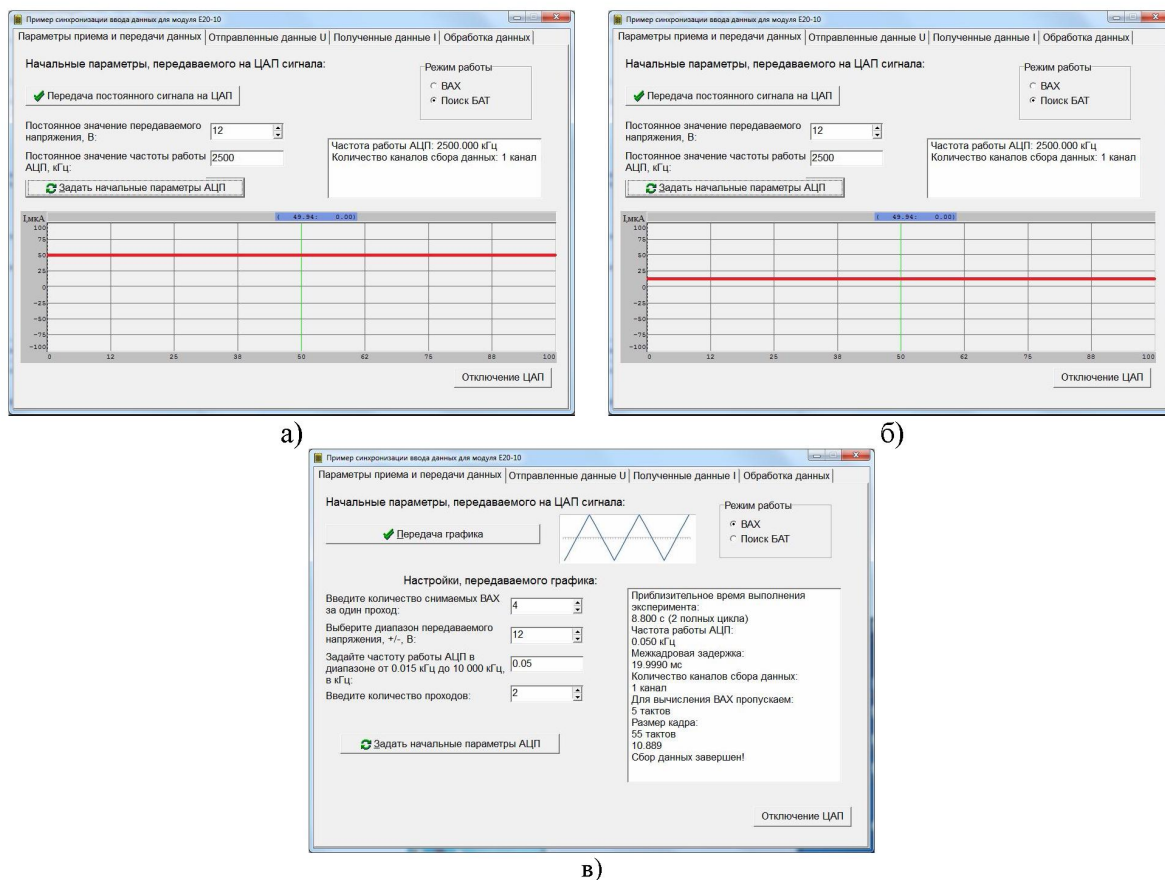
Двухканальный 12-ти разрядный цифро-аналогового преобразователь (ЦАП) позволяет для воздействия на биообъект выставить постоянное напряжение в диапазоне ± 5 В. В буферном усилителе УСО это напряжение усиливается до ± 15 В.

Для буферизации скоростного потока данных используется очередь с дисциплиной «FIFO» и объемом буфера 8МВ на основе SDRAM. Это позволяет исключить потерю данных в ситуациях, когда операционная система ПК «задумалась» (до 400 мс при частоте опроса 10 МГц и до 4 сек при 1 МГц). Передача данных из буфера с дисциплиной FIFO в канал USB осуществляется низкоуровневым контроллером (ISP1581), а управление всем процессом регистрации возложено на FPGA (программируемая логическая интегральная система - ПЛИС) с загружаемой из компьютера архитектурой в момент инициализации модуля.

В качестве вычислительной системы может быть использован ПК с установленной на нем операционной системой Windows 98/2000/XP/Vista/7 и оснащенный последовательным интерфейсом передачи данных USB.

Обзор программной части АС (комплекса). Программное средство было разработано в среде C++ Builder 6 с использованием библиотек L-Card (Lisbari и LCome) [13, 14].

Для получения необходимых данных АС (программно-аппаратный комплекс) должен быть в состоянии работать в двух режимах: поиск БАТ; исследование ВАХ для найденных точек. Унифицированный интерфейс, отображаемый на экране ПК, служит для установки параметров режимов работы АС. Выбираемый режим работы в нем указывается соответствующим флажком. Примеры интерфейсов для различных режимов работы АС представлены на рисунке 2.



а) для режима поиска БАТ (щуп установлен на БАТ);
 б) для режима поиска БАТ (щуп - не на БАТ); в) для режима построения ВАХ в найденной БАТ

Рис. 2. Интерфейсы программного продукта

Для БАТ имеется ряд дифференцируемых физических особенностей, которые поддаются количественным измерениям - это указывает на физическую реальность БАТ. Особенности биоматериала в области БАТ [1]: высокая болевая реакция (низкий порог чувствительности); увеличенная локальная температура; повышенное «кожное» дыхание (хорошее усвоение кислорода в зоне БАТ); относительно низкое электрическое сопротивление (20...250 кОм) – т.е. высокая электрическая проводимость; большая электрическая емкость (0,1...1,0 мкФ) [4].

При реализации режима поиска БАТ на щуп (активный электрод) диаметром 3 мм через ЦАП L-Card подаются постоянные напряжения и с помощью АЦП L-Card измеряются изменяющиеся при этом значения силы тока (для исключения влияния помех снималось по 100 отсчетов при одном и том же напряжении на активном электроде). Параметрами режима поиска БАТ являются следующие: величина подаваемого на биобъект постоянного напряжения (U) - оно задается в диапазоне от -15 В до 15 В; значение частоты дискретизации АЦП (Δ) может быть задано программно в диапазоне от 0,015 кГц – 10 МГц.

Величина напряжения и частота дискретизации сигнала задаются пользователем. Выбор значений этих величин не имеет принципиального значения, поскольку данный режим работы служит только для поиска БАТ, в которых затем будут анализироваться ВАХ во втором режиме работы. При перемещении щупа получаемое значение тока меняется, эксперимент заканчивается по желанию экспериментатора - путем нажатия им на кнопку остановки работы ЦАП (части «а» и «б» рис.2).

Во втором режиме (анализ ВАХ в БАТ) необходимо реализовать процедуру «воздействие-реакция». Воздействие осуществляется с помощью ЦАП L-Card, а реакция биообъекта измеряется с помощью АЦП L-Card. Эти процессы осуществляются в режиме реального времени. Параметры этого режима: динамический диапазон подаваемого на биообъект напряжения ($U_{\max} \dots U_{\min}$) - задается в диапазоне от -15 В до +15 В; шаг ступенчатого изменения напряжения внутри динамического диапазона (ΔU) - другими словами, число интервалов квантования N , для подаваемого на биоматериал напряжения (эти величины взаимосвязаны по формуле $(U_{\max} - U_{\min}) / \Delta U = N - 1$); шаг дискретизации сигнала по времени для АЦП (Δ) - задается в диапазоне $0,015 \text{ кГц} - 10 \text{ МГц}$; длительность кадра « T » (термин будет пояснен позже); количество снимаемых ВАХ, необходимых для статистической обработки (т.е. фактически – число повторений опыта по получению ВАХ в одной БАТ). Интерфейс окна ввода параметров работы для этого режима представлен на рисунке 2 в.

Назначение параметров, представленных выше очевидно, за исключением длительности кадра « T ». В устройстве E20-10 « T » – это пакет собранных с АЦП данных, который записывается в буферную память L-Card для последующей отправки его в компьютер. Такая отправка происходит сразу же после заполнения буфера АЦП. После отправки буфер очищается. Длительность кадра « T » задается в единицах «количество отсчетов» от 1 до 8192. Частота дискретизации АЦП L-Card f_{ADC} может быть задана при внутреннем источнике опорного напряжения в диапазоне от 1 до 10 МГц в соответствии с выражением $f_{ADC} = 30 / k$, где $k=3,4,5, \dots 30$, а при внешнем источнике - может быть любое значение в диапазоне $1..10 \text{ МГц}$. Поэтому для получения меньших значений частоты дискретизации f_{ADC} используется межкадровая задержка. Она позволяет получить более низкие частоты сбора данных - до 0,015 кГц. Межкадровая задержка задается программно в зависимости от желаемой частоты преобразования в диапазоне от 0 до 65535 периодов АЦП. При установленной ненулевой межкадровой задержке по окончании цикла выборки вставляется соответствующее число холостых периодов преобразования частоты АЦП (период преобразования частоты АЦП обратно пропорционален минимально возможной задаваемой частоте без использования межкадровой задержки, т.е. $1/1\text{МГц} = 0,001 \text{ мс}$). Схема организации сбора данных с использованием межкадровых задержек представлена на рисунке 3.

Если принять максимальное время переходного процесса в биоматериале 0,1 с и число отсчетов, необходимых для статистической обработки данных ВАХ равным 50, то размер кадра вычисляется по формуле 1:

$$T = 0.1 / \Delta + 50 = 60 \text{ отсчетов} \quad (1)$$

Работу L-Card в первом режиме (поиск БАТ) поясняет блок - схема алгоритма, представленная на рисунке 5. В блоках 1-3 осуществляется заполнение полей в интерфейсном окне, изображенном на рисунке 4. В блоке 4 вычисляется инкремент/декремент регистра работы ЦАП. Процесс получения собственно ВАХ начинается с блока 5, в котором фиксируется нулевой потенциал на выходе ЦАП. Затем производится пробное формирование ВАХ (участок 1 на рисунке 4). Это необходимо для предварительного анализа данных и внесения (при необходимости) корректировок в алгоритмы обработки данных и программное обеспечение АС.

Участок 1 рисунка 4 получается в результате выполнения действий, выполняемых в блоках 6-9. При этом на выходе ЦАП появляется напряжение U_{\max} . С этого момента происходит запись в память компьютера данных, предназначенных для построения ВАХ БАТ. Эта ВАХ содержит две ветви: нисходящую (напряжение, подаваемое на биообъект, меняется от U_{\max} до U_{\min}) и восходящую (напряжение, подаваемое на биообъект, меняется от U_{\min} до U_{\max}). Этим ветвям соответствуют участки 2 и 3, которые также отмечены на эпюре рисунка 4. Участок 2 формируют блоки 11-14, а участок 3 – блоки 15-18. Таких участков будет столько, сколько ВАХ необходимо получить для последующей статистической обработки - это реализуется в цикле, соответствующем блоку 10 по рисунку 5.

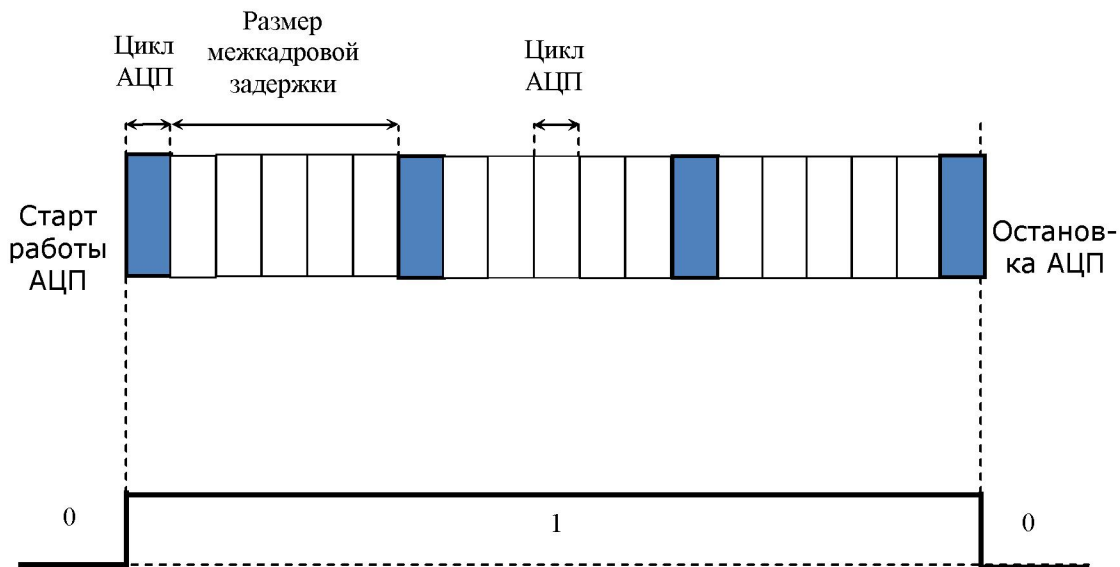


Рис. 3. Схема организации сбора данных с АЦП L-Card

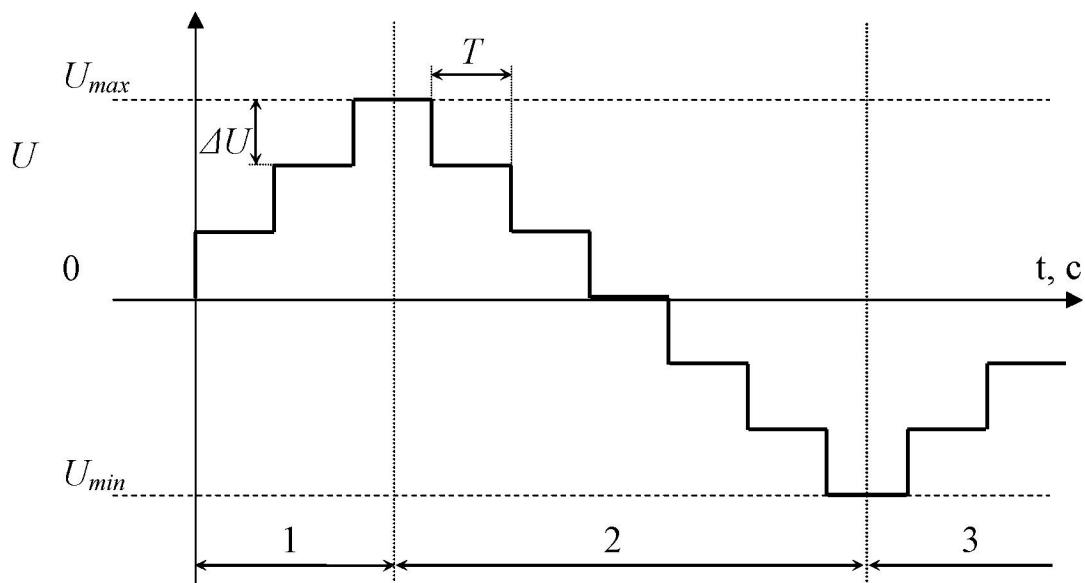


Рис. 4. Эпюра напряжения на выходе ЦАП L-Card

На рисунке 6 приведен пример графика ВАХ для БАТ меридиана легких. Зеленым цветом дана нисходящая ветвь ВАХ (снятая при убывающем напряжении на активном электроде), а красным - восходящая (снятая при возрастающем напряжении на активном электроде). Справа выводятся значения тока через биообъект в количестве соответствующем размеру кадра - расчет размера кадра выполняется по формуле (1). В серых прямоугольниках на графике вписаны ординаты ВАХ - на ее концах и посередине.

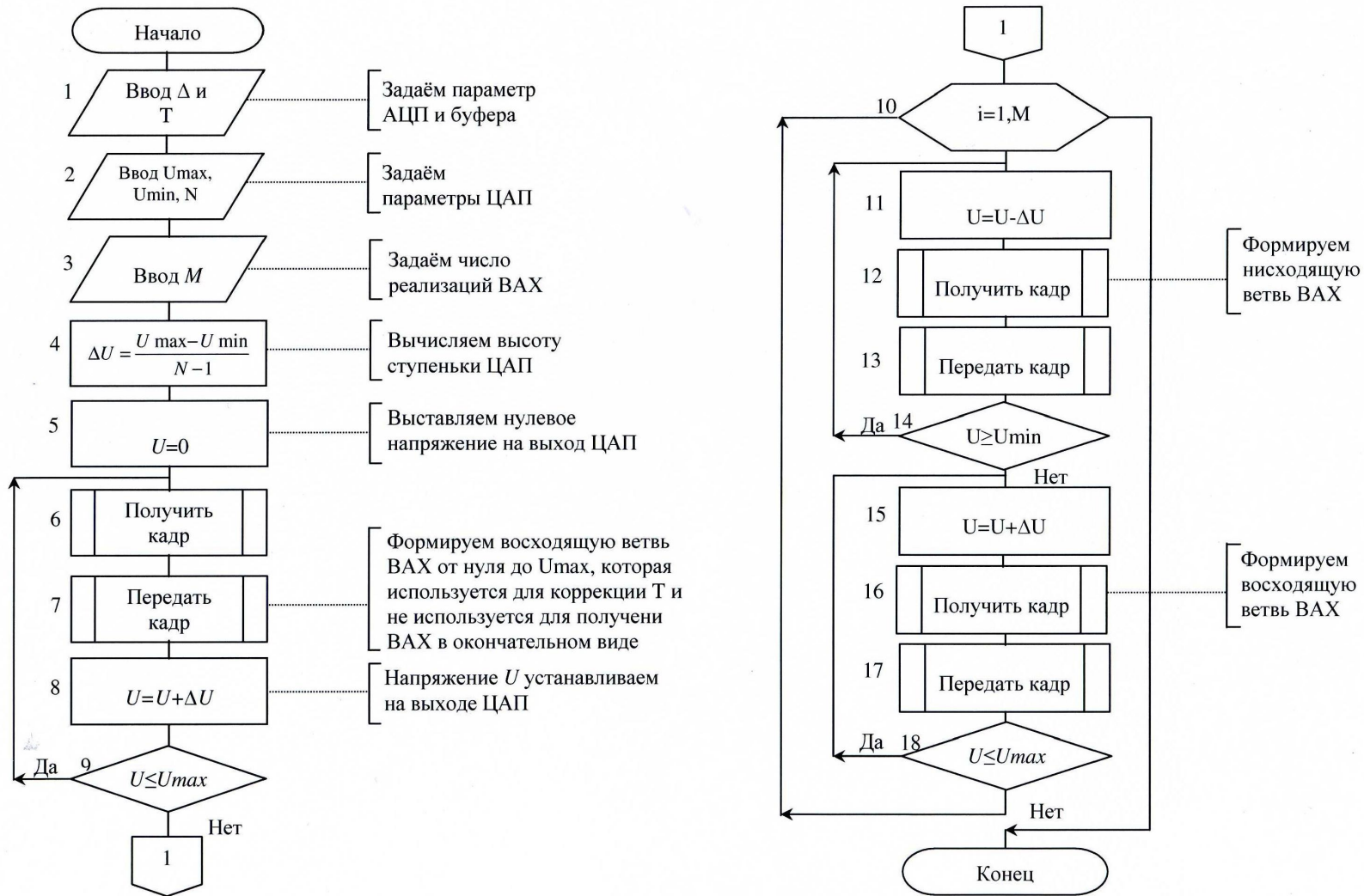


Рис. 5. Блок - схема алгоритма получения данных посредством L-Card для формирования ВАХ биообъекта

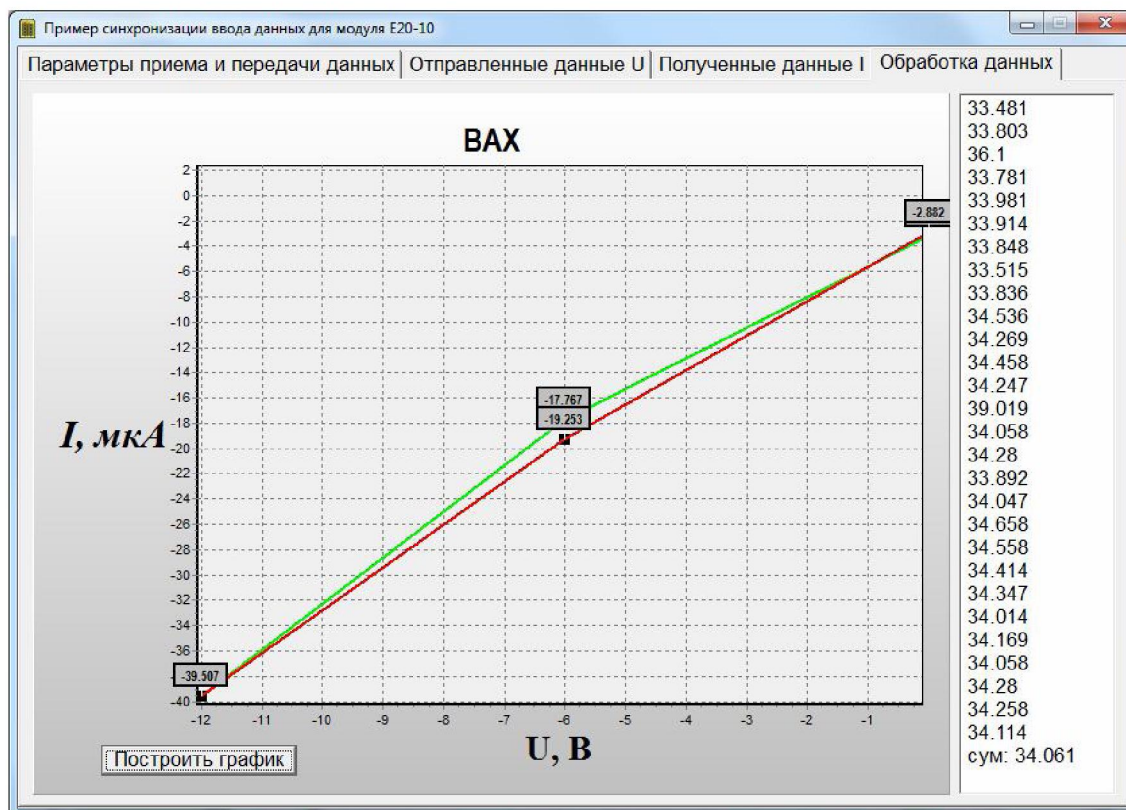


Рисунок 6 - Окно программы для построения графика ВАХ

Выводы.

1. На основе устройства сбора данных L-Card и персонального компьютера разработана автоматизированная система исследования аномальных зон электропроводности на поверхности кожи человека в экспериментах *in vivo*.
2. Автоматизированная система позволяет осуществлять регистрацию ВАХ биоматериалов путем воздействия на них постоянным стабилизированным по уровню и дискретно изменяющимся напряжением в диапазоне от -15 В до +15 В.
3. Разработано устройство связи с биообъектом, позволяющее использовать систему сбора данных для воздействия на биоматериал напряжением заданной величины и полярности; осуществлять измерение тока в биоматериале, вызванного этим напряжением.
4. Разработано программное обеспечение, позволяющее на основе устройства сбора данных L-Card управлять токами в биоматериале, строить ВАХ биоматериала в автоматическом режиме, управлять режимами работы автоматизированной системы.
5. Установлено влияние аномальных зон электропроводности биоматериала на гистерезисные свойства его вольтамперных характеристик. В тоже время эксперименты показали отсутствие гистерезиса при исследовании электропроводности биоматериала не в БАТ.

Список литературы

1. Акулина М.М. Использование точек акупунктуры в автоматизированной системе профилактических осмотров / М.М. Акулина, А.А. Рыбченко, В.Т. Соломонов // Теория и практика рефлексотерапии, медико-биологические и физико-технические аспекты. – 1981. – С. 216-223.
2. Ананин В.Ф. Рефлексология (теория и методы) / В.Ф. Ананин - Москва: Издательство Российского университета дружбы народов «Биомединформ», 2005 г. - 168 с.

3. Арсеньев В.Е. Исследование возможности диагностики заболеваний человека по вольтамперным характеристикам выделенных участков кожи / В.Е. Арсеньев, А.П. Бердашкевич, А.С. Глазунов // Теория и практика рефлексотерапии, медико-биологические и физико-технические аспекты. – 1981. – С. 232-236.
4. Атаев Д.И. Электропунктурная рефлексотерапия в помощь вашему здоровью. / Д.И. Атаев - М.: Медицина, 1993. – 170 с.
5. Брумштейн Ю.М. Системный анализ направлений и функциональных возможностей методов исследования движений частей тела человека / Ю.М. Брумштейн, Ю.Ю. Аксенова, М.В. Иванова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии №3-2014, с.80-98.
6. Брумштейн Ю.М. Системный анализ направлений и особенностей информатизации сферы здравоохранения России / Ю.М. Брумштейн, Е.В. Скляренко и др. // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии №4-2013 –с.73-86
7. Вандан Я.А. Морфологические особенности биологически активных точек / Я.А. Вандан, В.К. Зальцмане // Проблемы клинической биофизики. Рига. 1977. С. 51-57.
8. Вержбицкая Н.И. Морфология акупунктурных точек кожи / Н.И. Вержбицкая // Медико-биологические и технические аспекты рефлексотерапии: Сборник научных трудов. Калинин, 1987. С. 35-41.
9. Нечушкин А.И. Физиологические основы функциональной коррекции электропунктурными методами / А.И. Нечушкин // В кн. Вопросы медицинской электроники, Таганрог, 1981, вып.3, С. 52-56
10. Филист С.А. Диагностическая система на основе анализа вольтамперных характеристик биоактивных точек / С.А. Филист, Н.А. Кореневский, О.В. Шаталова и др. // Биотехносфера, 2013. - №5(29). - С. 33-38.
11. Филист С.А. Моделирование импеданса биоматериалов с учетом нелинейной вольтамперной характеристики при обратимом пробое диэлектрика / С.А. Филист, Авад А.А. Мохаммед, О.В. Шаталова // Медицинская кибернетика и междисциплинарная подготовка специалистов для медицины: материалы науч. конф. // Томск: Сибирский государственный медицинский университет, 2013. С. 128-132.
12. Филист С.А. Метод исследования электрических характеристик биоактивных точек / С.А. Филист С.Е. Суржикова, Д.А. Кассим Кабус // Научный взгляд на современный этап развития общественных, технических, гуманитарных и естественных наук. Актуальные проблемы. Сборник статей по итогам Всероссийской научно-практической конференции. – Санкт – Петербург. -2014. – С. 118-122.
13. E20-10 Руководство программиста. - М.: L-Card , 2008 [http://www.lcard.ru/download/e2010_programmers_guide.pdf]. Дата обращения 10.06.2015
14. E20-10 Руководство пользователя. - М.: L-Card , 2008 [http://www.lcard.ru/download/e20_10_users_guide.pdf]. Дата обращения 10.06.2015
15. Liang F. Neuroendocrine mechanisms of acupuncture / F. Liang, R. Chen, E.L. Cooper // (2012) Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, 2012, art. no. 792793. Cited 2 times. doi: 10.1155/2012/792793.
16. Vickers A.J. Acupuncture for chronic pain: Individual patient data meta-analysis / A.J. Vickers, A.M. Cronin, A.C. Maschino, G. Lewith, H. MacPherson, N.E. Foster, K.J. Sherman, K. Linde // (2012) Archives of Internal Medicine, 172 (19), pp. 1444-1453. Cited 156 times. http://archinte.jamanetwork.com/data/Journals/INTEMED/25374/iiq120056_1444_1453.pdf doi: 10.1001/archinternmed.2012.3654.
17. Yamamoto H. Involvement of the mechanoreceptors in the sensory mechanisms of manual and electrical acupuncture / H. Yamamoto, T. Kawada, A. Kamiya, S. Miyazaki, M. Sugimachi // (2011) Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical, 160 (1-2), pp. 27-31. Cited 10 times. doi: 10.1016/j.autneu.2010.11.004.

References

1. Akulina M.M. Ispolzovanie toчек акупунктуры v avtomatizirovannoy sisteme profilakticheskikh osmotrov [The use of acupuncture points in the automated system of preventive examinations] / M.M. Akulina, A.A. Rybchenko, V.T. Solomonov // Teoriya i praktika refleksoterapii, mediko-biologicheskie i fiziko - tekhnicheskie aspekty [Theory and practice of acupuncture, medical-biological and physico - technical aspects]. – 1981. – S. 216-223.

2. Ananin V.F. Refleksologiya (teoriya i metody) [Reflexology (theory and methods)] / V.F. Ananin - Moskva: Izdatelstvo Rossiyskogo universiteta druzhby narodov «Biomedinform» [Publishing house of the Russian University of friendship of peoples "Biomedinvest"], 2005 g. - 168 s.

3. Arsenev V.Ye. Issledovanie vozmozhnosti diagnostiki zabolovaniy cheloveka po voltampernym kharakteristikam vydelennykh uchastkov kozhi [Research possibilities for the diagnosis of human diseases by volt-ampere characteristics of the selected areas of the skin] / V.Ye. Arsenev, A.P. Berdashkevich, A.S. Glazunov // Teoriya i praktika refleksoterapii, mediko-biologicheskie i fiziko-tekhnicheskie aspekty [Theory and practice of acupuncture, medical-biological and physico-technical aspects]. – 1981. – S. 232-236.

4. Ataev D.I. Elektropunktturnaya refleksoterapiya v pomoshch vashemu zdoroviyu [Electropuncture to help your health] / D.I. Ataev - M.: Meditsina [Medicine], 1993. – 170 s.

5. Brumshteyn Yu.M. Sistemnyy analiz napravleniy i funktsionalnykh vozmozhnostey metodov issledovaniya dvizheniy chastei tela cheloveka [Systematic analysis of trends and features of the methods of the study of movements of human body parts] / Yu.M. Brumshteyn, Yu.Yu. Aksenova, M.V. Ivanova // Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii №3-2014 [Caspian journal: management and high technologies], s.80-98.

6. Brumshteyn Yu.M. Sistemnyy analiz napravleniy i osobennostey informatizatsii sfery zdravookhraneniya Rossii [Systematic analysis of trends and characteristics of Informatization of healthcare of Russia] / Yu.M. Brumshteyn, Ye.V. Sklyarenko i dr. // Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii №4-2013 –s.73-86 [Caspian journal: management and high technologies].

7. Vandan Ya.A. Morfologicheskie osobennosti biologicheskii aktivnykh toчек [Morphological characteristics of biologically active points] / Ya.A. Vandan, V.K. Zaltsmane // Problemy klinicheskoy biofiziki [Problems of clinical Biophysics]. Riga. 1977. S. 51-57.

8. Verzhbitskaya N.I. Morfologiya akupunktturnykh toчек kozhi [The morphology of the acupuncture points in the skin] / N.I. Verzhbitskaya // Mediko-biologicheskie i tekhnicheskie aspekty refleksoterapii: Sbornik nauchnykh trudov [Medico-biological and technical aspects of reflexology: a Collection of scientific papers]. Kalinin, 1987. S. 35-41.

9. Nechushkin A.I. Fiziologicheskie osnovy funktsionalnoy korrektsii elektropunktturnymi metodami [Physiological basis of functional electro-correction methods]. / A.I. Nechushkin // V kn. Voprosy meditsinskoy elektroniki [In proc. Medical electronics], Taganrog, 1981, vyp.3, S. 52-56

10. Filist S.A. Diagnosticheskaya sistema na osnove analiza voltampernykh kharakteristik bioaktivnykh toчек [Diagnostic system based on the analysis of current-voltage characteristics of bioactive points] / S.A. Filist, N.A. Korenevskiy, O.V. Shatalova i dr. // Biotekhnosfera [Biotechnosphere], 2013. - №5(29). - S. 33-38.

11. Filist S.A. Modelirovanie impedansa biomaterialov s uchetom nelineynoy voltampernoй kharakteristiki pri obratimom probroe dielektrika [Modeling of impedance of biomaterials with non-linear current-voltage characteristics when the reversible dielectric breakdown] / S.A. Filist, Avad A.A. Mokhammed, O.V. Shatalova // Meditsinskaya kibernetika i mezhdistsiplinarnaya podgotovka spetsialistov dlya meditsiny: materialy nuchn. konf. [Medical Cybernetics and interdisciplinary training for medicine: materials of scientific conference] // Tomsk: Sibirskiy gosudarstvennyy meditsinskiy universitet, 2013. S. 128-132.

12. Filist S.A. Metod issledovaniya elektricheskikh kharakteristik bioaktivnykh toчек [Method of study the electrical characteristics of bioactive points] / S.A. Filist, S.Ye. Surzhikova, D.A. Kassim Kabus // Nauchnyy vzglyad na sovremennyy etap razvitiya obshchestvennykh, tekhnicheskikh, gumanitarnykh i estestvennykh nauk. Aktualnye problemy. Sbornik statey po itogam Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Scientific view on the current stage of development of social, technological, humanitarian and natural Sciences. Actual problems. A collection of articles on the results of all-Russian scientific-practical conference]. – Sankt – Peterburg. -2014. – S. 118-122.

13. E20-10 Rukovodstvo programmista - M.: L-Card, 2008 [http://www.lcard.ru/download/e2010_programmers_guide.pdf]. Date of access 10.06.2015

14. E20-10 Rukovodstvo polzovatelya - M.: L-Card, 2008 [http://www.lcard.ru/download/e20_10_users_guide.pdf]. Date of access 10.06.2015

15. Liang F. Neuroendocrine mechanisms of acupuncture / F. Liang, R. Chen, E.L. Cooper // (2012) Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, 2012, art. no. 792793. Cited 2 times. doi: 10.1155/2012/792793.

16. Vickers A.J. Acupuncture for chronic pain: Individual patient data meta-analysis / A.J. Vickers, A.M. Cronin, A.C. Maschino, G. Lewith, H. MacPherson, N.E. Foster, K.J. Sherman, K. Linde // (2012) Archives of Internal Medicine, 172 (19), pp. 1444-1453. Cited 156 times. http://archinte.jamanetwork.com/data/Journals/INTEMED/25374/iiq120056_1444_1453.pdf doi: 10.1001/archinternmed.2012.3654.
17. Yamamoto H. Involvement of the mechanoreceptors in the sensory mechanisms of manual and electrical acupuncture / H. Yamamoto, T. Kawada, A. Kamiya, S. Miyazaki, M. Sugimachi // (2011) Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical, 160 (1-2), pp. 27-31. Cited 10 times. doi: 10.1016/j.autneu.2010.11.004.

УДК 678

МЕТОДОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПОЛУЧЕНИЯ СВП С ЗАДАНЫМИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ¹

Домкин Кирилл Иванович, аспирант, Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского, 248023, Российская Федерация, г. Калуга, ул. Разина, 26, e-mail: ego85@r4f.su

Затылкин Александр Валентинович, кандидат технических наук, доцент, Пензенский государственный университет, 440026, Российская Федерация, г. Пенза, ул. Красная, 40, e-mail: al.zatylkin@r4f.su

Юрков Николай Кондратьевич, доктор технических наук, Пензенский государственный университет, 440026, Российская Федерация, г. Пенза, ул. Красная 40, e-mail: yurkov_nk@mail.ru

Представлены результаты анализа современного состояния и тенденций развития методов защиты электрических цепей в технических системах. Выявлено, что сдерживающими факторами широкого распространения самовосстанавливающихся предохранителей (СВП) являются, во-первых, сложность прогнозирования выходных параметров СВП, связанная с недостаточно изученной морфологией полимерно-углеродных систем (ПУС), а во-вторых - отсутствие промышленных технологий производства СВП, обеспечивающих необходимую повторяемость (сохранение) их выходных параметров. Для устранения указанных факторов предложена методология управления получением СВП с заданными свойствами, позволяющая обеспечить необходимую повторяемость (воспроизводимость) выходных параметров изделий. Одним из элементов ее новизны является авторский метод прогнозирования номинального сопротивления СВП на основе данных АСМ-анализа (использование атомно-силовой микроскопии) морфологии исходных композитов. Приведен пример использования АСМ-анализа для исследования структуры ПУС на сканирующем зондовом микроскопе SMENA-A в полуконтактной моде в режимах топографии и «фазового контраста». Другим элементом новизны представленной методологии является впервые введенный этап гамма облучения ПУС. Выбор дозы и времени облучения проводится на основе авторской методики и соответствующего программного обеспечения. Представленные в работе результаты исследований вместе с авторским методом прогнозирования номинального сопротивления СВП и применением гамма облучения ПУС позволили предложить методологию управления получением СВП с заданными свойствами. Это дало возможность

¹ Работы выполнялись в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы в рамках следующих проектов:

«Исследование научно-методологических и материаловедческих основ наноконпозиционных резисторных структур и создание суперминиатюрных чип-резисторов и самовосстанавливающихся предохранителей на фазовом переходе первого рода» (№ 716П от 20.05.10);
- «Производство композиционных материалов на основе метода определения оптимальных размеров частиц» (№ П416 от 12.05.10).