ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н., профессора Геращенко С.И.
на диссертационную работу **Мачихина Вячеслава Андреевича «Автоматизированное программируемое устройство для стимуляции испытуемого в целях выделения когнитивной реакции головного мозга и фрактальный анализ полученных данных ЭЭГ»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Современная электроэнцефалография (ЭЭГ) является эффективным средством установления связи между изменениями регистрируемых электрических потенциалов головного мозга и патологией. Одним из распространенных способов диагностики является исследование когнитивных функций у пациентов, проведенных методом вызванных потенциалов. Метод основан на выделении нейро-электрической реакции головного мозга на сенсорные стимулы. Вызванные потенциалы представляют собой суммарную активность больших популяций нейронов.

Медицинское заключение формируется по визуальному анализу графиков кривой ЭЭГ. Подобный анализ является весьма трудоемким. Он недостаточно объективен и точен, особенно при обработке записи ЭЭГ большой длительности. Основная проблема, с которой приходится сталкиваться при интерпретации результатов ЭЭГ – это субъективность оценки, получаемой визуальным путем.

В настоящее время активно внедряются в практику цифровые методы записи сигналов с последующей компьютерной обработкой. Однако их использование связано с принципиальными ограничениями, приводящими к снижению надежности получаемых результатов. Одно из них вызвано необходимостью обработки глобально-нестационарных сигналов.

Современные компьютерные электроэцефалографы имеют многоканальную структуру. Процесс настройки каналов занимает много времени и создает определенные, достаточно серьезные проблемы и неудобства в работе. При компьютерной обработке добавление каналов существенно увеличивает вычислительную сложность систем, затрудняет использование эффективных алгоритмов распознавания и прогнозирования.

Диссертационная работа Мачихина В.А., направленная на разработку программно-аппаратного комплекса, позволяющего выявлять вызванный потенциал на ЭЭГ при определенном движении определенной конечностью.

Использование подобных комплексов в медицинской практике позволяет представить врачу объективную дополнительную диагностическую информацию, оказать помощь в принятии решения и, как следствие, повысить достоверность поставленных по ЭЭГ клинических заключений. В этой связи тема проведенных исследований является актуальной.

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, перечня сокращений, списка используемой литературы и приложения. Основной текст диссертации занимает 159 страниц; в диссертации содержится 95 рисунков и 45 таблиц. Список основных публикаций в автореферате содержит 23 работы автора.

Во введении определена предметная область исследования, обоснована актуальность работы, сформулированы цели и задачи, показана научная новизна и практическая значимость полученных результатов, представлены положения, выносимые на защиту. Приводятся сведения об апробации и реализации результатов исследований.

В первой главе дан «обзор положения в области исследования». Для этого в первом параграфе приводится «обзор методов по проводимым исследованиям», в нем излагается краткое описание методов анализа когнитивных вызванных потенциалов. Рассмотрены их основные достоинства и недостатки. Во втором параграфе рассмотрены «Устройства, задействованные в реализации экспериментальной деятельности конкурентов». По результатам анализа формируется тривиальный вывод о том, что «судя по описанным выше данным, многие устройства, методы для исследований и анализа ВП, требуют дальнейшей доработки и в некоторых случаях дополнения или объединения с другими методами». На основании проведенного анализа сложно определить наработки конкурентов, на которые необходимо обратить внимание и использовать их в проводимых исследованиях. В третьем параграфе «Интерпретация результатов обзора» приводится несвязная историческая справка по методам исследования ЭЭГ, не отражающая реальные проблемы в области ЭЭГ.

В целом по 1 главе делается заключение об актуальности тематики исследований и то, что «в исследованиях необходим спектр устройств, которые позволяют стимулировать и выделять вызванные потенциалы головного мозга». При этом необходимый спектр устройств не раскрывается.

Вторая глава посвящена «Разработке устройства, задействованного в исследовании». Для этого в первом параграфе производится «Анализ устройств, предложенных на рынке ». Вполне обоснованно отмечено, что «На рынке на данный момент доступен широкий спектр номенклатуры устройств, позволяющих получить довольно четкие результаты при исследованиях головной мозг». В качестве примера рассматриваются

описание технических характеристик «устройства от производителя Нейрософт» и фирмы МИЦАР.

Отмечается, что «с ростом числа измерительных каналов возрастает стоимость данных приборов», недостатком является питание от городской электросети, «отсутствие выделения момента подачи испытуемому стимулирующего сигнала и функции фиксации конечного момента ответа голоного мозга на стимулирующий сигнал». Сделан не конкретизированный вывод о необходимости создания интерфейса «мозг-компьютер» не имеющего перечисленные недостатки.

Следующие параграфы 2.2-2.12 посвящены разработке отдельных блоков проектируемого автоматизированного программируемого устройства для стимуляции и выделения когнитивной реакции головного мозга. Произведен выбор: микроконтроллера, блока питания, экрана интерфейса, определены значения гасящих резисторов. Спроектированы: световой стимулятор, блок сигнализации, генератор звуковой частоты, знакогенератор. Предложено оригинальное устройство регистрации движения конечности человека. В целом материал представлен в виде описания конструктивных элементов со значительной долей в содержащихся материалах данных справочного характера. Объем параграфов, без снижения качества изложения материала, можно было бы сократить.

Представлено также описание «Устройства регистрации движения конечности человека (патент RU 157571 U1) и «схема вида предложенного под нужды исследований геймпада». При этом решена задача «повышения эргономичности снятия электрокардиограммы», безопасности и помехозащищенности. Для исследований задействован один многоразовый неинвазивный электрод.

В третьей главе рассматривается «Применение фрактального анализа к полученной записи ЭЭГ». С целью снижения объемов вычислений, предложено использовать информацию, снимаемую с двух каналов. Для оценки стационарности рассмотрены скользящие окна, предложена программа проверки на стационарность и содержание частотных составляющих. На основе анализа сделан вывод о том, что выбор 2-х сенсомоторных каналов С3 и С4 оптимален. В работе представлены результаты фрактального анализа ЭЭГ. Обосновано применение показателя Ляпунова для оценки вида детерминированного хаоса.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

В приложении приведена конструкторская документация по основным блокам автоматизированного программируемого устройства, код программы исследований вызванных потенциалов, копии патентов и свидетельства о регистрации программы для ЭВМ. К сожалению, отсутствуют акты о внедрении результатов исследований.

Автореферат в полной мере отражает основные результаты исследований и положения, выносимые на защиту.

3. НОВИЗНА, ДОСТОВЕРНОСТЬ И ОБОСНОВАННОСТЬ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

К новым научным результатам диссертации следует отнести:

1. Предложен подход к оценке работы головного мозга как целого, основанный на изучении когнитивных вызванных потенциалов с помощью фрактального анализа временных рядов ЭЭГ.

2. Разработан автономный, универсальный комплекс, позволяющий выделять временной лаг для когнитивных вызванных потенциалов мозга.

3. Предложена методика выделения в эксперименте соматосенсорных когнитивных вызванных потенциалов головного мозга, позволяющая определить время выдачи сигнала испытуемому.

4. Предложен комплексный метод цифровой обработки ЭЭГ, позволяющий подтвердить в совокупности с анатомо-физиологическими позициями, правильность выбора отведений для изучения и оценки когнитивных вызванных потенциалов.

Достоверность и обоснованность результатов, полученных автором, подтверждена результатами теоретических и экспериментальных исследований.

Основные результаты работы изложены в 3 статьях научных изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации материалов докторских и кандидатских диссертаций. Получены 5 патентов РФ и свидетельство о государственной регистрации программного обеспечения. Результаты диссертационного исследования автор получил самостоятельно.

4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Практическая значимость результатов работы заключается в следующем: разработанная методика оценки работы головного мозга, основанная на изучении когнитивных вызванных потенциалов с помощью фрактального анализа временных рядов ЭЭГ, представляет интерес при разработке медицинских диагностических систем принятия решений по результатам ЭЭГ.

5. ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1. Материалы диссертации представлены по специальности 05.12.04 и касаются области науки и техники использующей электромагнитные волны для передачи и приема информации в средствах телевидения и радиосвязи, в метрологии, биологии, медицине и связаны с разработкой радиотехнических устройств для использования их в биологии, медицине, метрологии. Часть исследований наиболее близка специальности 05.11.17 «Приборы, системы и изделия медицинского назначения – область науки и техники, включающая в себя исследование, разработку и создание медицинской техники и изделий медицинского назначения. В этой связи было бы уместно представить работу по двум специальностям 05.12.04 и 05.11.17.

2. Цель работы сформулирована следующим образом: «Основной целью данного исследования является повышение информативности ЭЭГ как сигнала». Следует предположить, что установка меток способствует повышению информативности ЭЭГ. Однако расчетных данных, подтверждающих достижение поставленной цели, в работе не приводится. В этой связи вызывает сомнение возможность снятия неопределенности о скрытой динамике процесса с повышением информативности записи ЭЭГ.

3. Материал первой главы носит описательный характер, без рассмотрения качественных и количественных характеристик, используемых в настоящее время методов и аппаратуры для ЭЭГ. В этой связи сложно оценить преимущества предложенной методики фрактального анализа по сравнению с методами спектрального, корреляционного, сегментного и вейвлет анализа ЭЭГ.

4. В проведенных расчетах и формулах имеются повторения, с наличием тривиальных ошибок (выражения 2.3, 2.6-2.8). При расчете гасящего резистора для 7 параллельно включенных светодиодов (2.7) не учтено пропорциональное снижение номинала резистора. На стр. 175 в электрической схеме светового стимулятора аноды диодов ошибочно подключены к отрицательному полюсу источника питания.

5. В структурной схеме автоматизированного программного устройства и устройства периферии (рис.2.34) и блок-схеме включения устройства (рис. 2.39) не отражены связи, позволяющие согласно основным результатам работы (п.3) анализировать данные с помощью разработанного программного комплекса. Сложно понять, как осуществляется оценка «кросскорреляционной связи отведений каналов ЭКГ С3 и С4» (п.7). Не раскрыто, назначение блока «программная среда обработки ЭЭГ» и, каким образом «данный прибор стимуляции позволяют разграничить реакцию головного мозга на значимые вызванные потенциалы» (стр. 88).

6. В работе проведен эксперимент по снятию ЭЭГ и выделению вызванных потенциалов головного мозга у одного испытуемого. Отсутствие статистических данных, учитывающих различные факторы, оказывающие влияние на процесс формирования ЭЭГ не дают возможности оценить метрологические характеристики, получаемые при использовании фрактального анализа, такие как: чувствительность, скорость ложного обнаружения (с двумя каналами), средняя точность, средняя ошибка классификации, средняя частота ошибок первого и второго рода и.т.д. Отсутствие этих данных не позволяет объективно определить преимущества реализованной в работе методики.

Отмеченные недостатки снижают качество работы, но не снижают ее научную и практическую ценность.

Результаты работы можно рекомендовать медицинским учреждениям различных форм собственности и предприятиям приборостроения, занимающимся производством медицинской техники.

6. ОБЩАЯ ОЦЕНКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Диссертационная работа Мачихина В.А представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований решается задача разработки автоматизированного программируемого устройства для стимуляции пациента в целях выделения когнитивной реакции головного мозга и реализации фрактального анализа полученных данных ЭЭГ. Совокупность полученных результатов можно квалифицировать как научное достижение.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа «Автоматизированное программируемое устройство для стимуляции пациента в целях выделения когнитивной реакции головного мозга и фрактальный анализ полученных данных ЭЭГ» отвечает требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (в ред. №335 от 21.04.2016 г.), а ее автор – Мачихин Вячеслав Андреевич – заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Геращенко Сергей Иванович, д.т.н., профессор,
зав. кафедрой «Медицинская кибернетика и информатика» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет».
440026, г. Пенза, ул. Красная 40
телефон 8412-368414
e-mail – mpo@list.ru.
Докторская диссертация защищена по специальности 05.13.01. – «Системный анализ, управление и обработка информации».

Подпись Геращенко С. И. заверяю
Ученый секретарь
Ученого Совета ПГУ к.т.н., доцент О.С. Дорофеева