

УДК 616.89-08:004.3:004.42:004.9

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ИХ ИНФОРМАТИВНО-ЗНАЧИМЫХ ПАРАМЕТРОВ



П.Ю. Бранцевич
Профессор кафедры
программного
обеспечения
информационных
технологий БГУИР,
доктор технических
наук
branc@bsuir.by



И.В. Григорьева
Ученый секретарь ГУ
«Республиканский
научно-практический
центр психического
здоровья», кандидат
медицинских наук
Inessgrig@mail.ru



П.П. Королевич
Врач психиатр-
нарколог, врач
функциональной
диагностики, научный
сотрудник отдела
психических и
поведенческих
расстройств ГУ
«Республиканский
научно-практический
центр психического
здоровья».
p.korolevich@gmail.com



Е.Н. Базылев
Старший
преподаватель
кафедры
программного
обеспечения
информационных
технологий БГУИР,
исследователь
e.bazylev@bsuir.by

П.Ю. Бранцевич

С 1985 года работает в области разработки архитектуры, методов, алгоритмов и программного обеспечения компьютерных систем и комплексов для решения задач испытаний, вибрационного контроля, мониторинга, диагностики и автоматизации защиты сложных механизмов и агрегатов с вращательным движением. С 1995 по 2019 годы научный руководитель НИЛ «Систем вибродиагностики» БГУИР. Научный руководитель заданий ГНТП, ГПНИ, хозяйственных договоров и контрактов.

И.В. Григорьева

Занимается научной, лечебной и преподавательской деятельностью. Сфера научных и практических интересов: психотерапевтическая кинезиология, арт-терапия, аддиктология, психоонкология, нейролингвистическое программирование, эриксоновский гипноз, трансактный анализ, психокатарзис, танатотерапия.

П.П. Королевич

Окончил Белорусский государственный медицинский университет. Высшая квалификационная категория. Окончил ординатуру по специальности «психиатрия-наркология», окончил аспирантуру. Специалист в области электросудорожной терапии, электроэнцефалографии. Принимает участие в исследованиях особенностей биоэлектрической активности головного мозга пациентов с психическими и поведенческими расстройствами

Е.Н. Базылев

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Окончил аспирантуру с квалификацией исследователь. Принимает участие в выполнении заданий ГПНИ.. Разрабатывает аппаратные и программные средства встроенных систем.

Аннотация. Цифровые сигналы электроэнцефалограмм (ЭЭГ) отражают определённое состояние нейронной сети головного мозга человека. Рассмотрены методы обработки сигналов ЭЭГ, определения их информативно-значимых параметров и характеристик. Показана возможность сравнения ЭЭГ с использованием полосовых спектров. Предложен метод обработки сигналов ЭЭГ в узких частотных полосах, которые являются модулированными гармониками.

Ключевые слова: сигнал, электроэнцефалограмма, параметр, характеристика, цифровая обработка.

Введение. Важность обсуждения вопроса использования искусственного интеллекта в настоящее время превысила спрос на понимание работы естественного интеллекта. Таким образом отсутствие полного понимания функционирования естественного интеллекта затрудняет использование его потенциала и уменьшает социальную значимость. Представляется, что элементом естественного интеллекта является человек.

Человек – это органическая система принятия решений, управляемая самообучающейся нейронной сетью головного мозга, получающая с помощью органов чувств информацию о состоянии её носителя (самом человеке), об окружающей действительности, происходящих событиях и формирующая управляющие сигналы для органов человека, которые воспроизводят ответные реакции и действия, обладающая способностью создавать новые знания [1].

У человека пять основных органов чувств, позволяющих воспринимать мир: глаза (зрение), уши (слух), нос (обоняние), язык (вкус) и кожа (осязание), которые вместе с вестибулярным аппаратом (равновесие) получают соответствующие данные и передают их в нейронную сеть головного мозга для обработки и десять систем органов: опорно-двигательная, кровеносная, пищеварительная, дыхательная, выделительная, покровная, эндокринная, нервная, лимфатическая, половая, которые по указанию нейронной сети головного мозга воспроизводят ответные действия и реакции, что определяет его уникальность.

Нейронная сеть головного мозга человека включает поступательный механизм самообучения в течении процесса жизнедеятельности. Поэтому в настоящее время невозможно надеть шапочку, нажать кнопку и занести в нейронную сеть человека знания. Человек получает знания из той среды, в которой находится и не из какой-то другой. Однако вполне возможно, что через какое-то время будут созданы средства для занесения знаний в нейронную сеть головного мозга человека, извлечения знаний из нейронной сети головного мозга человека, и средства переноса состояния нейронной сети головного мозга человека в другую органическую или неорганическую среду.

Что касается отдельно взятого человека, как носителя интеллекта, то он получает первоначальную настройку своей нейронной сети, своих базовых способностей от родителей, но его дальнейшее развитие определяется средой и процессом самообучения. Эмоции – это тоже деятельность нейронной сети головного мозга человека. А интуиция всё-таки основывается на полученных знаниях. Интуитивные решения принимаются относительно той сферы, в которой человек находится и развивается. И эти интуитивные решения есть ни что иное, как создание новых знаний, что является основополагающим свойством естественного интеллекта.

Естественный интеллект можно рассматривать и «в большом» формате, как развитие разумной жизни человечества, когда каждое поколение получает знания от предыдущего поколения, создаёт новые знания и передаёт накопленные знания следующему поколению.

Нейронную сеть мозга образуют нейроны через сложные физические соединения, синапсы, формируя разветвленные цепи передачи информации. Они обмениваются электрическими импульсами, укрепляя связи при частом использовании и связи отмирают, если связь неактивна. Развитие идет от генетической основы к опыту и обучению [2, 3].

Нейроны состоят из тела, дендритов, которые принимают сигналы, и аксона, через которые производится передача сигнала. Передача информации происходит в местах контакта между нейронами, где сигнал переходит от аксона одного нейрона к дендриту

другого. Когда аксон одного нейрона приближается к дендриту другого, между ними возникает точка связи – синапс [2, 3].

Передача информации происходит не напрямую, а через выброс специальных веществ – нейромедиаторов. Они преодолевают синаптическую щель и активируют соседнюю клетку. Если два нейрона активируются одновременно или часто взаимодействуют, связь между ними укрепляется. Это называется синаптической пластичностью. Таким образом формируются устойчивые цепочки, отвечающие за память и навыки.

В мозге взрослого человека образуется около 100 триллионов таких связей. Новые пути возникают при обучении, путешествиях или занятиях творчеством. Для формирования сложной структуры отростков нейрону требуется около 40 – 45 дней, а для появления новой связи в результате практики – регулярные повторения.

Нейроны, которые активируются вместе, соединяются вместе. Повторение действий укрепляет связи, выделяя больше нейромедиаторов и увеличивая синапсы. Активные нейроны развивают новые дендриты (отростки), увеличивая количество связей (до 30000 на клетку). Неактивные связи отмирают, оптимизируя работу мозга.

Развитие нейронной сети включает пролиферацию (деление), миграцию (перемещение) и дифференцировку (созревание) стволовых клеток в нейроны с их последующим встраиванием в сеть. Процессы формирования связей продолжаются всю жизнь, завися от обучения, опыта и эмоционального состояния [2–4].

Работа головного мозга, вследствие прохождения электрических импульсов по аксонам нейронов, сопровождается изменением электромагнитного поля на поверхности головы, которое можно зафиксировать специальными первичными преобразователями и представить в виде изменяющихся параметров тока или напряжения, что и происходит, когда снимают электроэнцефалограмму (ЭЭГ) [4–8].

ЭЭГ – это запись колебаний электрического потенциала с поверхности головы, которые генерирует огромное количество нервных клеток головного мозга при своей работе. Эти потенциалы очень слабые, поэтому требуется специальная аппаратура для их регистрации. Слабые изменения электрических сигналов на поверхности головы человека улавливаются специальными электродами, которые устанавливаются на коже головы. Затем эти сигналы усиливаются, оцифровываются и передаются в память компьютера, откуда затем сохраняются в виде файлов на носителях информации.

Стандартной системой размещения электродов на поверхности головы, рекомендованной Международной федерацией электроэнцефалографии и клинической нейрофизиологии, является система «10–20%» [7, 8].

Данные файлов электроэнцефалограммы являются цифровыми сигналами, которые можно обрабатывать и исследовать с помощью методов цифровой обработки сигналов (ЦОС) [9–13]. Целью исследования ЭЭГ является определение информативно значимых признаков, по изменению которых можно делать выводы о нарушении работы нейронной сети головного мозга человека, либо об эффективности применяемых методик лечения.

Учитывая трудность формального разграничения нормы и патологии, для ЭЭГ можно выделить, по крайней мере, три регистра: 1) нормальная ЭЭГ; 2) пограничные (между нормой и патологией) варианты; 3) патологические изменения (нарушения) биоэлектрической активности головного мозга.

Нормальными считаются варианты ЭЭГ, соответствующие возрасту и функциональному состоянию обследуемого по частотным, амплитудным и пространственно-временным характеристикам. К патологическим видам относят варианты ЭЭГ, параметры которых значительно отличаются от нормальных. Чем «дальше» отстоят выявляемые изменения от нормы, тем тяжелее лежащие в их основе нарушения. В клинической нейрофизиологии наиболее часто употребляемой шкалой для качественной оценки тяжести регистрируемых нарушений является следующий ряд: легкие – умеренные – выраженные – грубые – очень грубые нарушения. Определяемые при визуально-

логическом и математическом анализе незначительные изменения биоэлектрической активности головного мозга на ЭЭГ и отсутствие явной патологической активности свойственны пограничным вариантам. Пограничные изменения на ЭЭГ могут рассматриваться как условно патологические: для их интерпретации необходимым условием является наличие или отсутствие клинических проявлений [4, 8].

Таким образом, важнейшей задачей при анализе ЭЭГ становится выявление и определение информативно-значимых признаков, которые наиболее достоверно отражают фактическое состояние обследуемого человека и позволяют дать объективную оценку действенности применяемых методов воздействия или лечения.

Цифровая обработка сигналов электроэнцефалограмм. Электроэнцефалограмма является набором цифровых электрических сигналом, отражающих спонтанную электрическую активность мозга в течение определенного периода времени, полученных с нескольких электродов на поверхности головы.

В настоящее время для оценки сигналов ЭЭГ анализируется мощность сигнала в частотных полосах, называемых: альфа (8-13 Гц); бета (13-35 Гц); гамма (35-70 Гц); дельта (0,3-4 Гц); тэта (4-8 Гц) [6, 8, 10]. Однако эти параметры являются весьма обобщающими и не в полной мере отражают процессы, происходящие в нейронной сети головного мозга. Поэтому для исследования параметров и характеристик ЭЭГ применяют и другие методы цифровой обработки сигналов, такие как спектральный анализ, вейвлет-анализ, преобразование Гильберта-Хуанга, частотный полосовой анализ, выделение огибающих [13–19]. Экспериментальные результаты применения спектрального анализа показывает, что при изменении частотного разрешения изменяются параметры гармонических составляющих, представляющих сигнал ЭЭГ на разных временных интервалах, при этом заметно определённое сохранение интенсивности сигнала в определённых частотных полосах [14, 15, 17, 18].

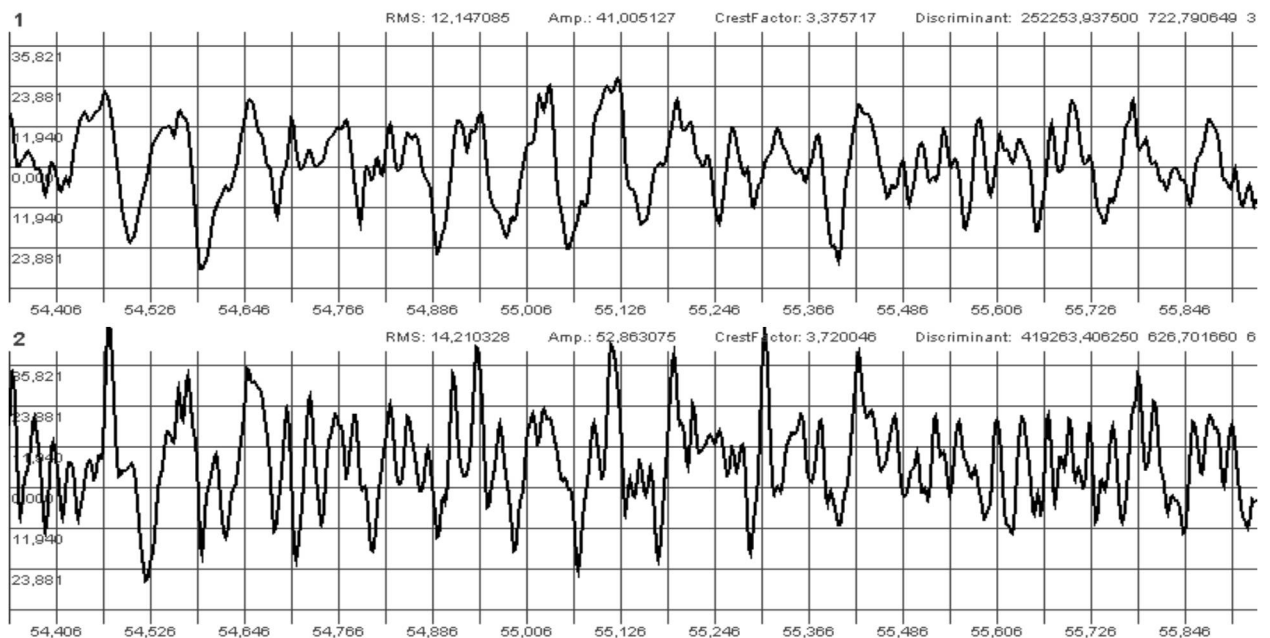


Рисунок 1. Сигналы ЭЭГ в точках контроля O1-A1 и O2-A2

Поэтому процедура выбора длительности временного интервала для определения параметров ЭЭГ требует дальнейшего исследования. Проведен ряд экспериментальных исследований параметров и характеристик ЭЭГ с целью выявления информативно-значимых параметров, по которым можно было бы проводить их кластеризацию. В качестве

примера на рисунке 1 показаны временные реализации сигналов ЭЭГ, полученных при частоте дискретизации 500 Гц. Амплитудные спектры этих сигналов приведены на рисунке 2. Временной интервал анализа выбран равным примерно 16 секунд, с числом дискретных точек 8192. Наибольшая интенсивность ЭЭГ наблюдается в альфа-диапазоне.

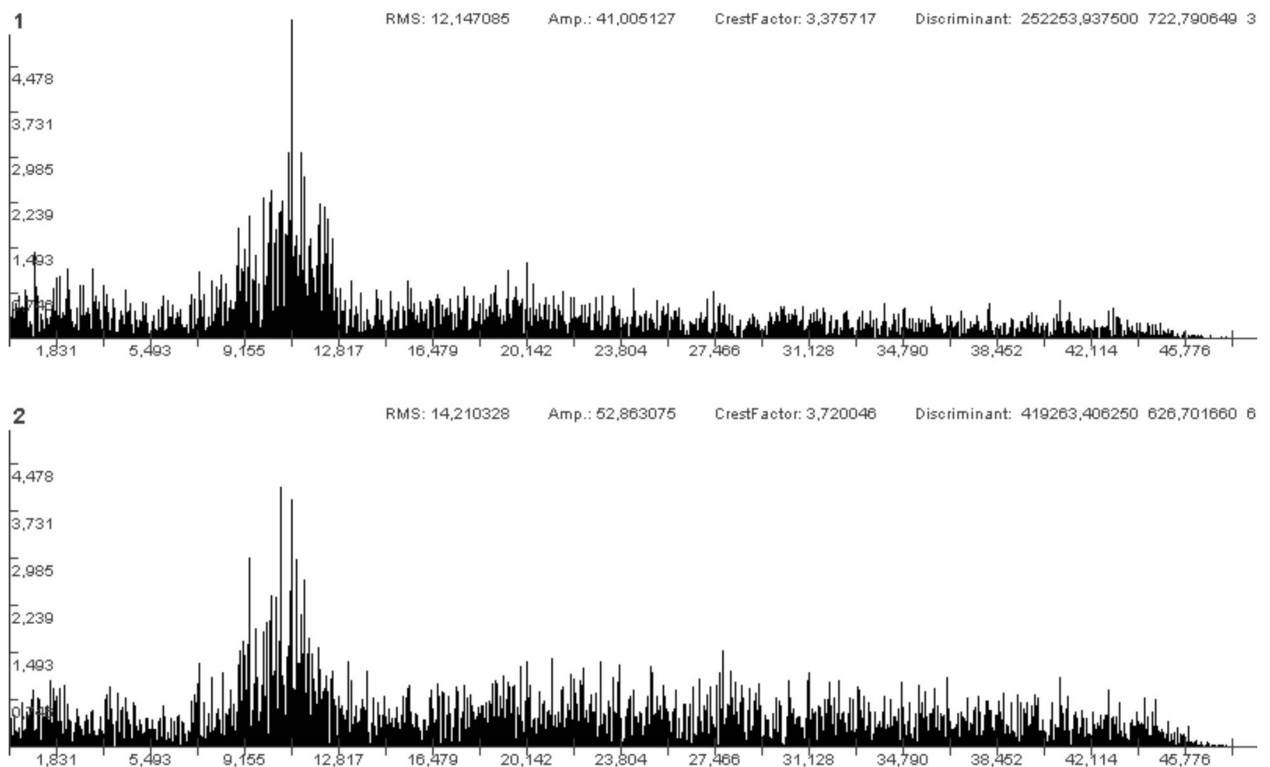


Рисунок 2. Амплитудные спектры сигналов ЭЭГ в точках контроля O1-A1 и O2-A2
 $T_a=16,384$ с; $\Delta f = 0,061$ Гц

Для сравнения на рисунке 3 изображен амплитудный спектр сигнала O1-A1 при интервале анализа 32,768 секунды и числе дискретных точек 16384. Для большей наглядности и более удобного восприятия можно использовать поло-совой амплитудный спектр с узкими частотными полосами [20]. Полосовые спектры рассматриваемых сигналов показаны на рисунке 4.

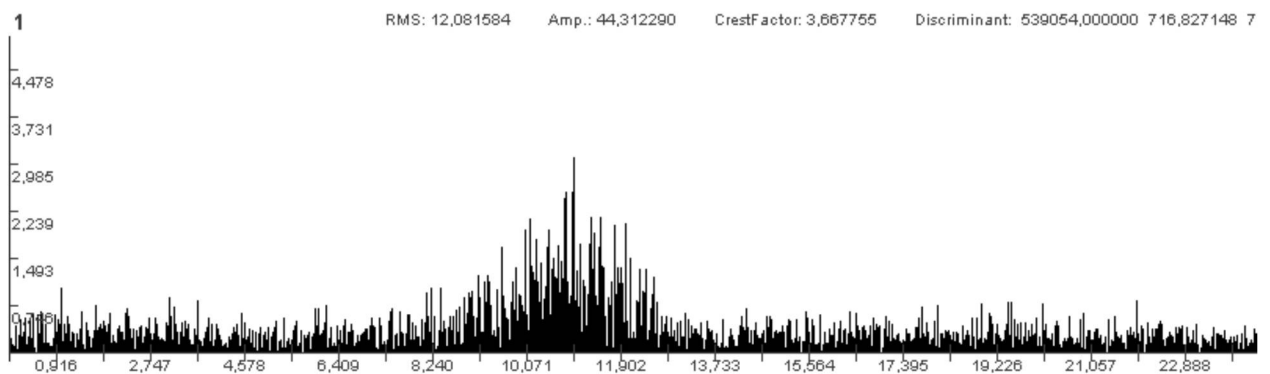


Рисунок 3. Амплитудные спектры сигналов ЭЭГ в точках контроля O1-A1 и O2-A2
 $T_a=32,768$ с; $\Delta f = 0,0305$ Гц

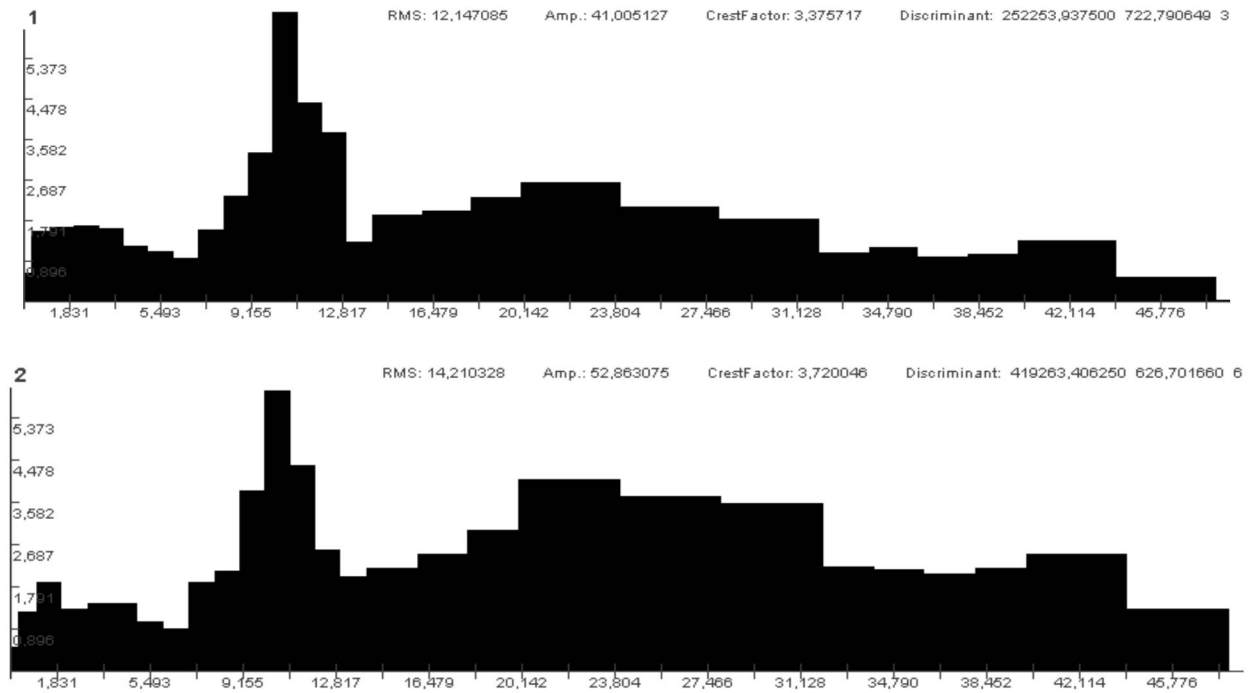


Рисунок 4. Полосовые спектры сигналов ЭЭГ в точках контроля О1-А1 и О2-А2
 Полосы 0-0,3 Гц; 0,3-1 Гц; 1-2 Гц; 2-3 Гц; 3-4 Гц; 4-5 Гц; 5-6 Гц; 7-8 Гц; 8-9 Гц;
 9-10 Гц; 10-11 Гц; 11-12 Гц; 12-13 Гц; 13-14 Гц; 14-16 Гц; 16-18 Гц; 18-20 Гц; 20-24 Гц;
 24-28 Гц; 28-32 Гц; 32-34 Гц; 34-36 Гц; 36-38 Гц; 38-40 Гц; 40-44 Гц; 44-48 Гц; 48-70 Гц

Такое представление позволяет визуально оценить особенности интенсивностей сигналов ЭЭГ в каждой из частотных полос – альфа, бета, гамма, дельта, тэта. Для сравнения на рисунке 5 показаны временные реализации сигналов ЭЭГ, полученных во втором эксперименте, а на рисунке 6 полосовые спектры этих сигналов. Для этих ЭЭГ характерно подавленное значение сигналов в альфа-диапазоне и значительно более интенсивные частотные составляющие бета-диапазона.

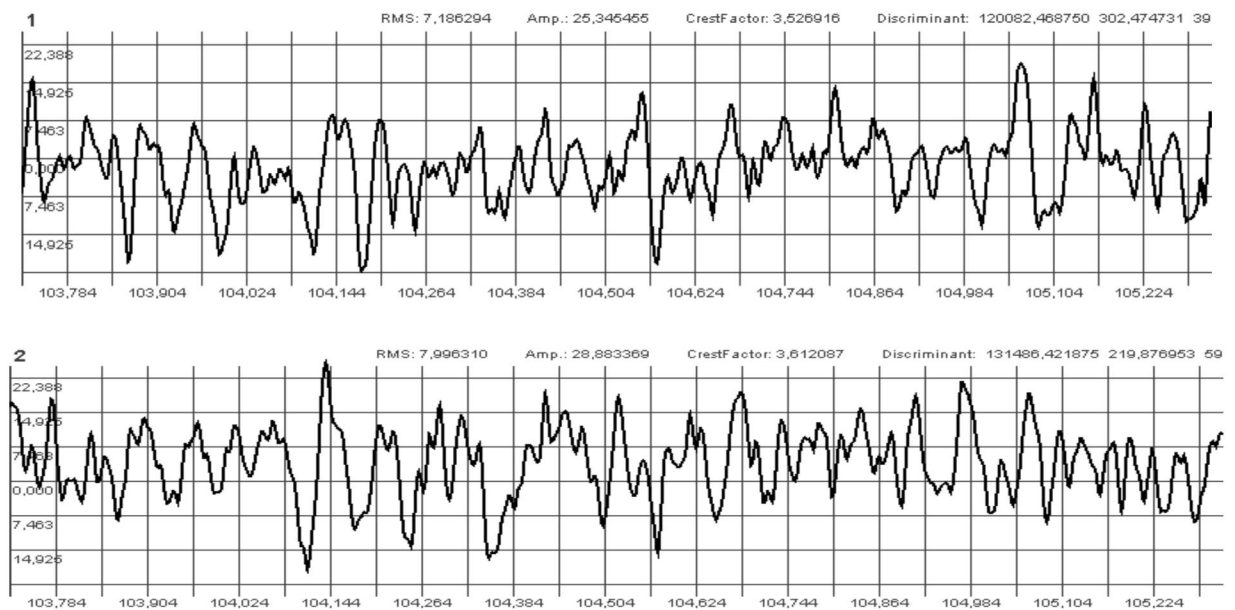


Рисунок 5. Сигналы ЭЭГ (эксперимент 2) в точках контроля О1-А1 и О2-А2

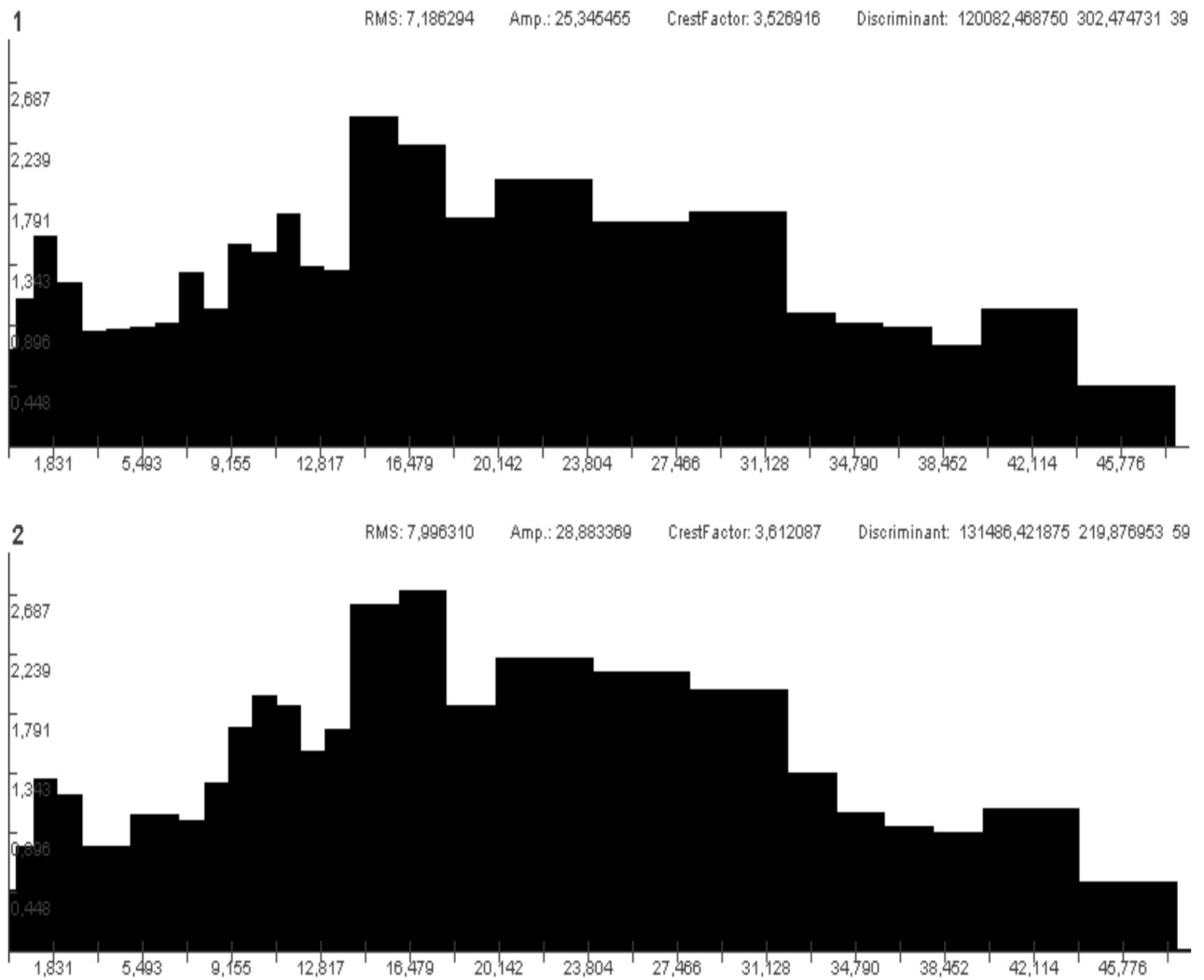


Рисунок 6. Полосовые спектры сигналов ЭЭГ (эксперимент 2) в точках контроля О1-А1 и О2-А2

Полосы 0-0,3 Гц; 0,3-1 Гц; 1-2 Гц; 2-3 Гц; 3-4 Гц; 4-5 Гц; 5-6 Гц; 7-8 Гц; 8-9 Гц; 9-10 Гц; 10-11 Гц; 11-12 Гц; 12-13 Гц; 13-14 Гц; 14-16 Гц; 16-18 Гц; 18-20 Гц; 20-24 Гц; 24-28 Гц; 28-32 Гц; 32-34 Гц; 34-36 Гц; 36-38 Гц; 38-40 Гц; 40-44 Гц; 44-48 Гц; 48-70 Гц

Более расширенное информационное представление о сигнале ЭЭГ можно получить построив временные тренды параметров этого сигнала (рисунок 7).

Они позволяют оценить влияние внешних факторов (например, открытие и закрытие глаз, световое воздействие) на изменения, возникающие в работе нейронной сети головного мозга при их воздействии.

Ряд проведенных экспериментов показал [17–20], что в узких частотных полосах сигнал ЭЭГ представляет модулированную гармонику.

А сам сигнал ЭЭГ можно представить суммой таких модулированных гармоник (рисунки 6, 9) [19–20].

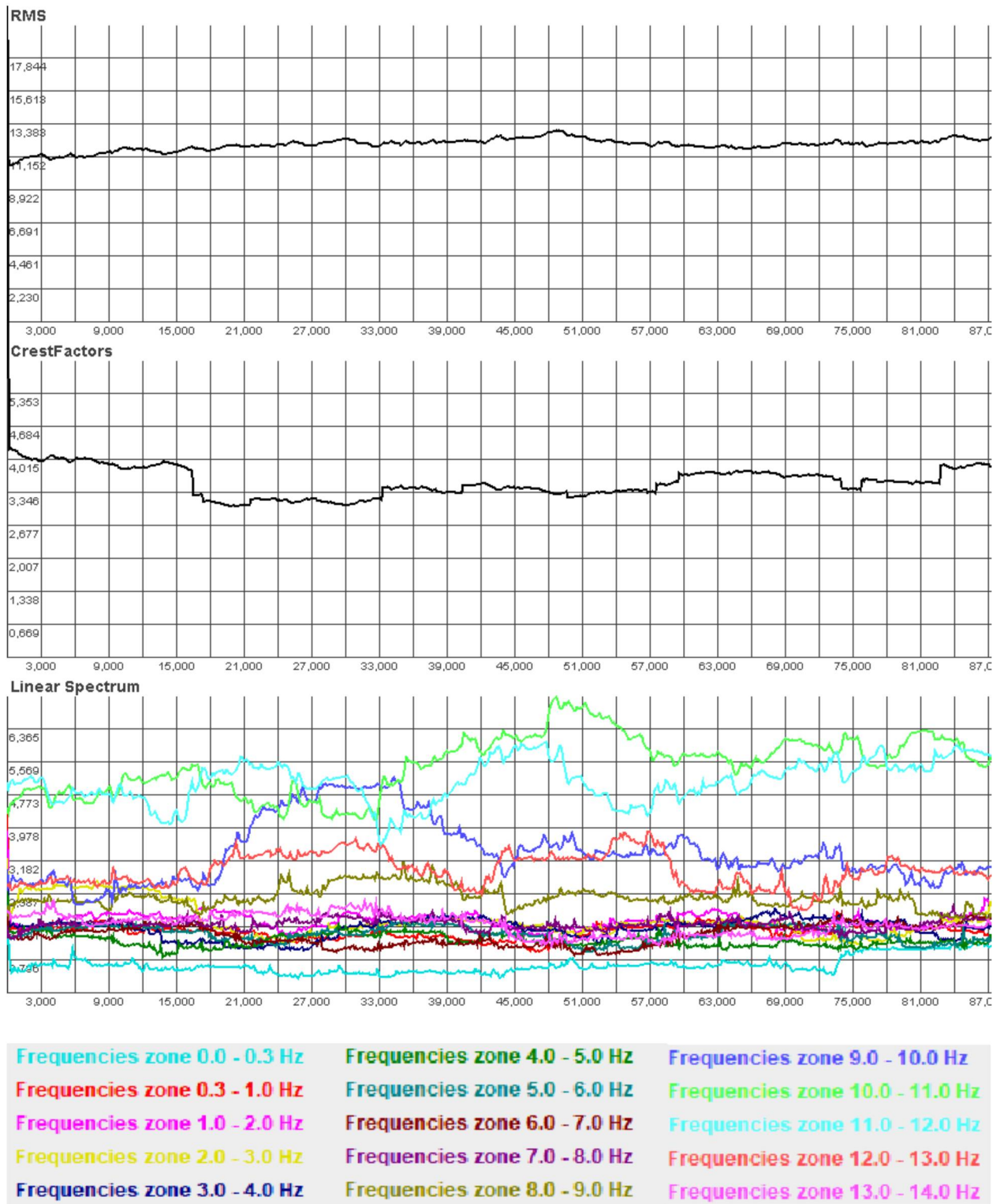


Рисунок 7. Временные тренды среднего квадратического значения (СКЗ) сигнала ЭЭГ О1-А1, пик-фактора этого сигнала, СКЗ этого сигнала в узких частотных полосах

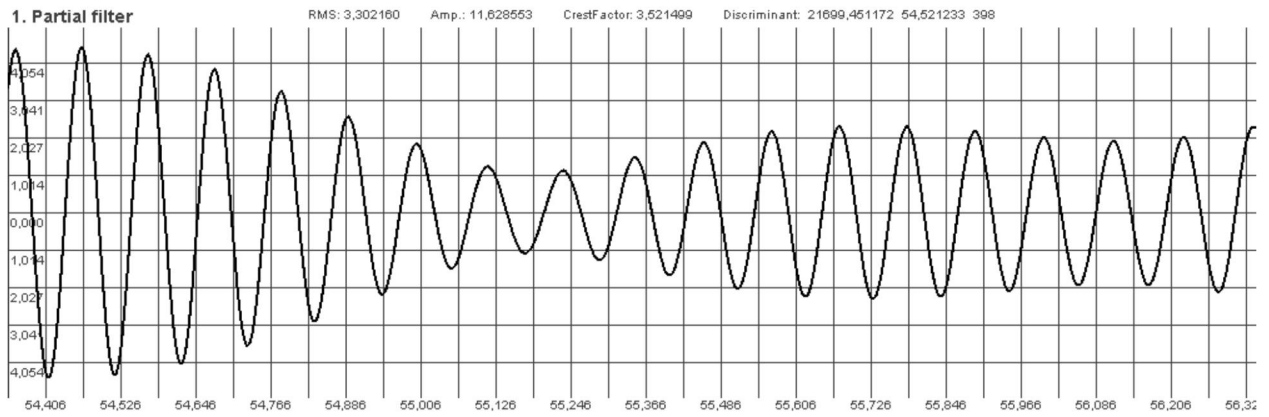


Рисунок 8. Сигнал ЭЭГ в частотной полосе 9-10 Гц для точки контроля О1-А1

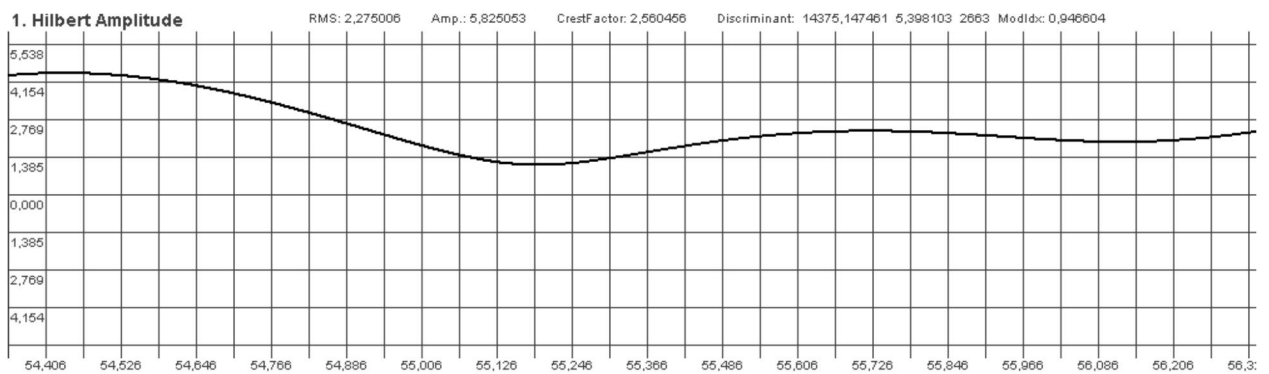


Рисунок 9. Огибающая сигнала ЭЭГ в частотной полосе 9-10 Гц для точки контроля О1-А1

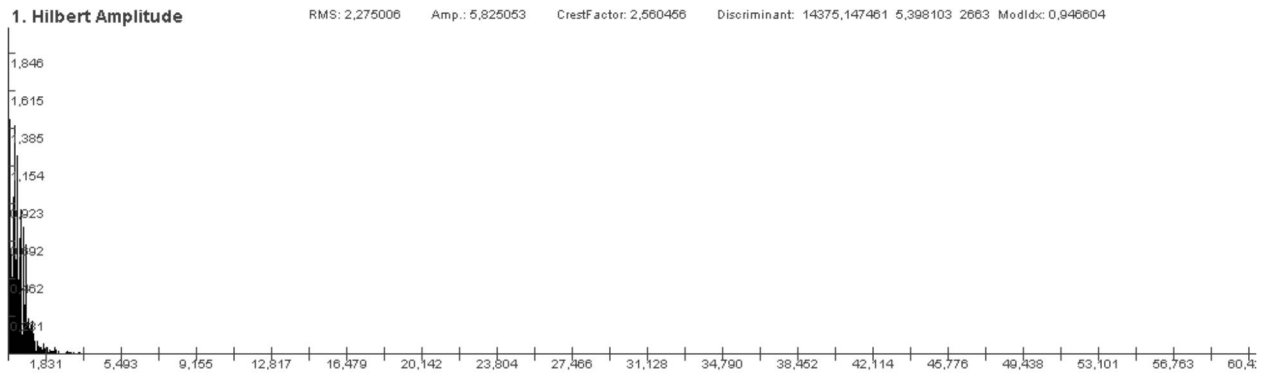


Рисунок 10. Амплитудный спектр огибающей сигнала ЭЭГ в частотной полосе 9-10 Гц для точки контроля О1-А1

Для подобных сигналов свойства модулирующего воздействия оцениваются огибающей (рисунки 9, 12) и её амплитудным спектром (рисунки 10, 13).

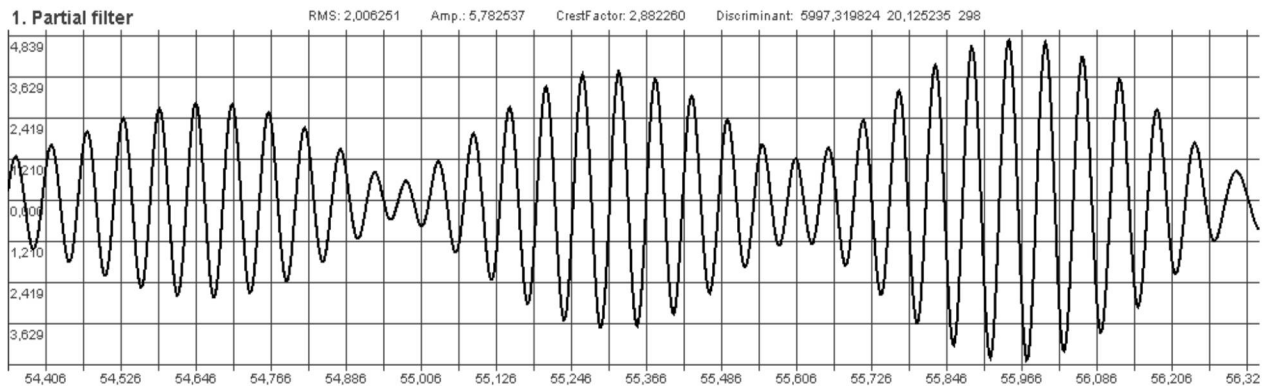


Рисунок 11. Сигнал ЭЭГ в частотной полосе 16-18 Гц для точки контроля О1-А1

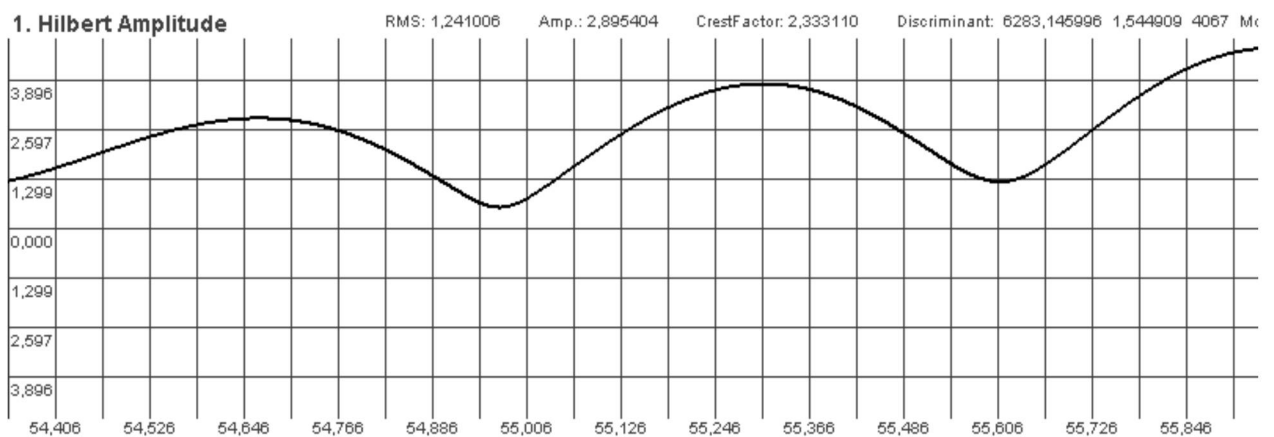


Рисунок 12. Огибающая сигнала ЭЭГ в частотной полосе 16-18 Гц для точки контроля О1-А1

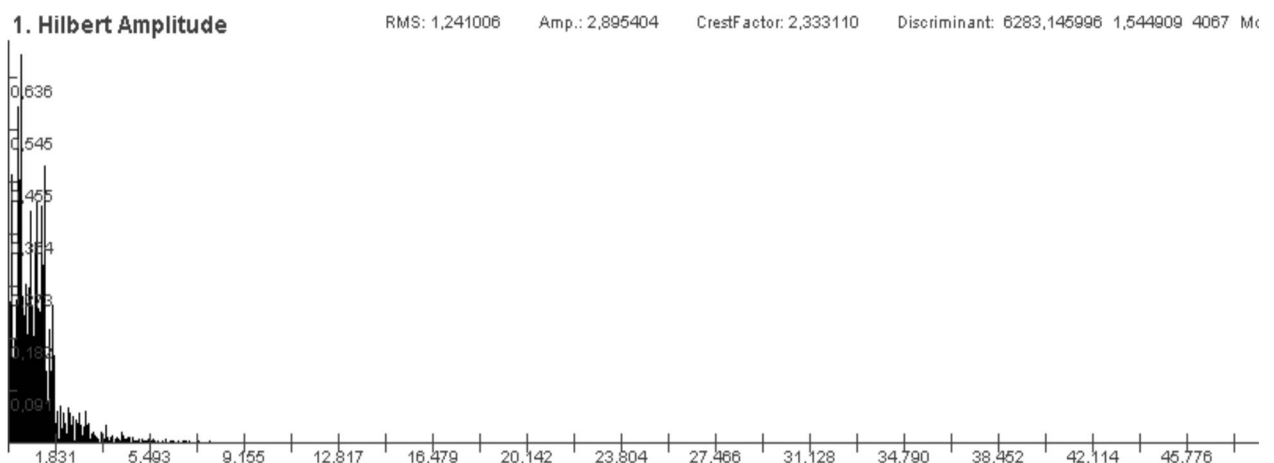


Рисунок 13. Амплитудный спектр огибающей сигнала ЭЭГ в частотной полосе 16-18 Гц для точки контроля О1-А1

Можно предположить, что параметры составляющих ЭЭГ, представляющих собой модулированные гармоники, являются информативно-значимыми параметрами при сравнении ЭЭГ или оценке их изменений.

Заключение. Сигналы электроэнцефалографии являются сложно структурированными, весьма разнообразными и отражают изменение электро-магнитного поля в конкретной точке на поверхности головы.

Можно предположить, что эффект этого изменения есть следствие прохождения потенциалов действия по аксонам нейронов [21–23]. Величина влияния конкретного потенциала действия на электромагнитное поле в определенной точке получения сигнала ЭЭГ зависит от его удаленности от этой точки и скорости продвижения по аксону и, следовательно, может увеличиваться и уменьшаться за какой-то временной интервал. Такое влияющее изменение электрического потенциала можно описать гармоникой определенной частоты с некоторой функцией модуляцией ее амплитуды. Весь сложный сигнал ЭЭГ при таком подходе декомпозируется в виде суммы модулированных гармоник, возможно не только по амплитуде, но и по фазе. Экспериментальные исследования показывают, что в узких частотных диапазонах сигнал ЭЭГ действительно представляет собой модулированную гармонику.

Таким образом, исследование параметров и характеристик таких компонент сигналов ЭЭГ ориентировано на получение различных новых данных о работе нейронной сети головного мозга человека, об эффективности применяемых методов лечения и функционального воздействия.

Список литературы

- [1] Бранцевич, П. Ю. Автоматизация принятия решений при анализе состояния сложных объектов и ситуаций / П. Ю. Бранцевич // IV Международный форум IT-Академграда «Искусственный интеллект в Беларуси»: доклады, Минск, 13–14 октября 2025 г. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2025. – С. 63–73.
- [2] Картер, Р. Как работает мозг / Р. Картер. Пер. с англ. П. Петрова. – Москва : Издательство АСТ: CORPUS, 2016. – 224 с.
- [3] Блум, Ф. Мозг, разум и поведение / Ф. Блум, А. Лейзерсон, Л. Хофстедтер. Пер. с англ. – М.: Мир., 1988. – 248 с.
- [4] Павлова, Л.П. Доминанты деятельного мозга человека. Системный психофизиологический подход к анализу ЭЭГ/ Л. П. Павлова. СПб.: Информ-навигатор, 2017. – 430 с.
- [5] Электроэнцефалография: руководство / М.В. Александров, Л.Б. Иванов, С.А. Лытаев [и др.]. Под ред. М.В. Александрова. 3-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: СпецЛит, 2020. – 224 с.
- [6] Зенков, Л. Р. Линейная электроэнцефалография (с элементами эпилептологии) / Л. Р. Зенков. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: МЕДпресс-информ, 2002. – 368 с.
- [7] Докукина, Т. В. Визуальная и компьютерная ЭЭГ в клинической практике / Т. В. Докукина, Н. Н. Мисюк. – Минск: Книгазбор, 2011. – 187 с.
- [8] Татум, У.О. Клиническая интерпретация электроэнцефалографии / У. О. Татум, А. М. Хусейн, С. Р. Бенбадис, П. В. Каплан. Пер. с англ. – М.: Издательский дом БИНОМ, 2020. – 264 с.
- [9] Лайонс, Р. Цифровая обработка сигналов / Р. Лайонс. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2006. – 656 с.
- [10] Кулаичев, А. П. Компьютерная электрофизиология и функциональная диагностика. Москва: ИНФРА-М; 2018. – 469 с.
- [11] Бранцевич, П. Ю. Цифровая обработка вибрационных сигналов / П. Ю. Бранцевич. – Минск: Бестпринт, 2022. – 297 с.
- [12] Бранцевич, П. Ю. Компьютерные системы и комплексы обработки вибрационных сигналов / П. Ю. Бранцевич. – Минск: Бестпринт, 2023. – 282 с.
- [13] Бранцевич, П. Ю. Цифровая обработка сигналов для встроенных систем : учеб.-метод. пособие / П. Ю. Бранцевич, Д. В. Деменковец, В. А. Леванцевич. – Минск : БГУИР, 2025. – 283 с.
- [14] Бранцевич, П.Ю. Цифровая обработка электроэнцефалограмм / П.Ю. Бранцевич // Science and innovation. – Ташкент: LLC «Science and innovation», 2023. – Special Issue 3. – с. 930–934.
- [15] Бранцевич П.Ю. Сравнительный анализ электроэнцефалограмм. BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics: сб. науч. ст. IX Междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч. Ч. 1 (Республика Беларусь, Минск, 17–18 мая 2023 года). Редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск: БГУИР, 2023. – с. 132–144.
- [16] Яковлева, Т. В. Анализ временных рядов ЭЭГ пациентов с алкогольной зависимостью с помощью нейронных сетей / Т. В. Яковлева, А. В. Крысько // Российский журнал биомеханики. – 2024. – Т. 28, № 1. – С. 125-142.
- [17] Бранцевич, П. Ю. Цифровая обработка сигналов и сравнительный анализ электроэнцефалограмм / П. Ю. Бранцевич // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сб. науч. ст.

X Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 13 марта 2024 года). В 2 ч. Ч. 1 / редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск: БГУИР, 2024. – С. 101–112.

[18] Бранцевич, П. Ю. Информативные признаки и характеристики электроэнцефалограмм / П. Ю. Бранцевич, Т. В. Докукина, Н. Н. Мисюк, П. П. Королевич // Медэлектроника – 2024. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сб. науч. ст. XIV Междунар. науч.-техн. конф. (Республика Беларусь, Минск, 5-6 декабря 2024 года). – Минск : БГУИР, 2024. – С. 63–69.

[19] Бранцевич, П. Ю. Декомпозиция цифровых сигналов электроэнцефалограмм при их сравнительном анализе / П. Ю. Бранцевич // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сб. науч. ст. XI Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 23-24 апреля 2025 года) / редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск: БГУИР, 2025. – С. 85–91.

[20] Бранцевич, П. Ю. Определение информативно-значимых параметров электроэнцефалограмм при цифровой обработке методом разложения на модулированные гармоники / П. Ю. Бранцевич // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2025. – № 2. – С. 12–22.

[21] Смирнов, В.М. Физиология сенсорных систем и высшая нервная деятельность / В.М. Смирнов, С.М. Будылина. – М. : Медицина, 2003. – 304 с.

[22] Гайтон, А.К. Медицинская физиология / А.К. Гайтон, Дж.Э. Холл / Пер. с англ.; Под ред. В.И. Кобрин. – М. : Логосфера, 2008. – 1296 с.

[23] Николлс, Д. От нейрона к мозгу / Д. Николлс, Р. Мартин, Б. Валлас, П. Фукс. Пер. с англ. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 672 с.

Авторский вклад

Бранцевич Петр Юльянович – цифровая обработка сигналов ЭЭГ, формирование статьи.

Григорьева Инесса Викторовна – постановка задачи исследования.

Королевич Павел Павлович – регистрация и первичная обработка сигналов ЭЭГ.

Базылев Евгений Николаевич – разработка программного средства для исследований ЭЭГ.

METHODS FOR PROCESSING DIGITAL ELECTROENCEPHALOGRAM SIGNALS IN THE STUDY OF THEIR INFORMATIVELY SIGNIFICANT PARAMETERS

P.J. Brancevich
*Professor of the
Department of Software
and Information
Technology at BSUIR,
Doctor of
Science in Technical
Sciences*

I.V. Grigorieva
*Scientific Secretary of
the Republican
Scientific and Practical
Center for Mental
Health,
Candidate of Medical
Sciences*

P.P. Korolevich
*Psychiatrist-Narcologist,
Functional Diagnostics
Doctor, Researcher of
Department of Mental and
Behavioral
Disorders of Republican
Scientific and Practical
Center for Mental Health*

E.N. Bazyleu
*Senior Lecturer,
Department of
Software and
Information
Technology,
BSUIR,
Research*

Abstract. Digital electroencephalogram (EEG) signals reflect the specific state of the human brain's neural network. Methods for processing EEG signals and determining their information-relevant parameters and characteristics are discussed. The possibility of comparing EEG signals using bandpass spectra is demonstrated. A method for processing EEG signals in narrow frequency bands, which are modulated harmonics, is proposed.

Keywords: signal, electroencephalogram, parameter, characteristic, digital processing