

# ЭЛЕКТРОНИКА, ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И РАДИОТЕХНИКА

---

УДК 57.087

*А. Ю. Тычков, П. П. Чураков, А. Н. Тычкова*

## УСТРОЙСТВО ИЗМЕРЕНИЯ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В СЛОЖНЫХ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

### **Аннотация.**

*Актуальность и цели.* Объектом исследования является устройство измерения информативных параметров энцефалографических сигналов (ЭЭС) у людей экстремальных профессий в условиях повышенного уровня зашумления сигналов (в сложных экстремальных условиях). Предметом исследования являются алгоритмы обработки ЭЭС, позволяющие повысить быстродействие и точность обработки результатов измерений. Цель работы – проведение аналитического исследования известных устройств измерения ЭЭС, разработка блок-схемы устройства измерения информативных параметров ЭЭС и алгоритма обработки ЭЭС в условиях повышенного уровня зашумления.

*Материалы и методы.* Для разработки блок-схемы устройства измерения информативных параметров ЭЭС и алгоритма обработки ЭЭС в условиях повышенного уровня помех при свободной двигательной активности испытуемых использовались методы цифровой обработки сигналов (амплитудно-частотная обработка, полосовая фильтрация) и основы схемотехнического проектирования измерительных устройств.

*Результаты.* Проведен аналитический анализ известных решений в области измерения информативных параметров ЭЭС. Показана перспективность разработки новых решений в области развития теории цифровой обработки сигналов для целей медицинской диагностики. Разработаны новая блок-схема устройства измерения информативных параметров ЭЭС и алгоритм обработки ЭЭС в условиях повышенного уровня помех при свободной двигательной активности испытуемых. Отличительной особенностью предлагаемого решения от известных является введение в работу алгоритма новых блоков анализа и сравнения ЭЭС с нормой и отклонением от нормы и подавления синфазных помех за счет применения полосовой фильтрации.

*Выводы.* Предложенные устройства измерения информативных параметров ЭЭС, в отличие от существующих аналогов, позволяют повысить быстродействие устройства и его оперативность более чем в 2 раза за счет использования нового алгоритма обработки ЭЭС в условиях повышенного уровня помех при свободной двигательной активности испытуемых. Отличительная особенность предложенного алгоритма заключается в том, что анализ частотных компонент ЭЭС проводится в реальном масштабе времени с автоматическим сравнительным анализом пороговых частотных значений тэта, альфа и гамма волн в секунду.

**Ключевые слова:** измерение информативных параметров, обработка ЭЭС, полосовая фильтрация, анализ частотных компонент.

## A MEASURING DEVICE OF EES INFORMATIVE PARAMETERS IN COMPLEX EXTREME CONDITIONS

### Abstract.

*Background.* The research object of is a device for electroencephalographic signals' (EES) informative parameters measurement in respondents of extreme professions in conditions of an increased noise level (in complex extreme conditions). The research subject is the EES processing algorithms that improve the speed and accuracy of measurement results. The objective of the research is to carry out an analytical study of the known EES measuring devices, to develop a block diagram of the measuring device of the EES informative parameters and the EES processing algorithm in conditions of a increased noise level.

*Materials and methods.* To develop the block diagram of the measuring device of the EES informative parameters and the EES processing algorithm in conditions of an increased noise level during free motor activity of respondents the authors used techniques of digital signal processing (amplitude-frequency processing, band-pass filtering) and the basics of circuit design of measuring devices.

*Results.* An analysis of the known analytical solutions for the EES measuring informative parameters was done. The article shows development prospects of new solutions in development of the theory of digital signal processing for medical diagnosis purposes. The novel block diagram of the EES informative parameters measuring device and the EES processing algorithm in conditions of an increased noise level during free motor activity of respondents have been developed. A distinctive feature of the proposed solution is the algorithm has been supplemented with new blocks of analysis and comparison of EES with the norm and abnormality, as well as with block of suppression of the common mode noise, due to band-pass filter usage.

*Conclusions.* The proposed measuring device of the EES informative parameters in the biomedical practice, in contrast to the existing analog devices, can improve performance and efficiency of device more than 2 times owing to the use of the new EES processing algorithm in conditions of an increased noise level during free motor activity of respondents. A distinctive feature of the algorithm is that the analysis of the EES frequency components is conducted in real-time with an automatic comparative analysis of frequency threshold value of theta, alpha and gamma waves per second.

**Key words:** measurement of informative parameters, EES processing, band-pass filtering, frequency components analysis

### 1. Анализ предметной области

Известен способ измерения информативных параметров энцефалографических сигналов (ЭЭС) и устройство контроля и поддержания бдительности людей экстремальных профессий [1], основанное на периодической (через каждые 15–90 с) подаче оператору (машинисту, водителю автотранспорта, пилоту) измерительного (тестового) сигнала, на который формируется ответный отклик. В случае отсутствия такого ответного действия устройство подает сигнал тревоги и/или изменяет параметры движения объекта. Недостатком известного способа являются относительно низкое быстродействие (как минимум 20 с), т.е. невозможность определения кратковременных (порядка единиц секунд) выхода испытуемого из контура управления.

Известна другая группа способов и устройств измерения информативных параметров ЭЭС для контроля и поддержания бдительности испытуемых [2, 3], основанных на непрерывной регистрации (мониторинге) и автоматическом измерении различных физиологических показателей непосредственно в процессе деятельности (регистрация кожно-гальванической реакции, электрокожного сопротивления, закрывания глаз, частоты морганий). Однако точность, быстродействие и помехоустойчивость данных решений принципиально зависит от характера измеренных физиологических показателей.

Наилучшим разрешением по времени среди физиологических показателей (порядка десятков миллисекунд) обладают параметры биоэлектрической активности головного мозга – ЭЭС. Доказано, что амплитудные и частотные параметры ЭЭС наиболее достоверно характеризуют функциональное состояние человека, а некоторые из них непосредственно связаны со зрительным вниманием [4, 5].

## **2. Исследование известных устройств измерения информативных параметров ЭЭС**

Существует множество устройств измерения информативных параметров ЭЭС и алгоритма обработки ЭЭС в условиях повышенного уровня зашумления [3, 4, 6, 7].

Известно устройство [3], основанное на современных, экспериментально доказанных научных данных о функциональном значении биоэлектрической активности головного мозга и принципах обработки зрительной сенсорной информации для определения физиологического состояния испытуемого. В качестве информативных параметров в известном устройстве [3] используются результаты автоматического (в реальном времени) анализа биопотенциалов мозга испытуемого. Для поддержания высокого уровня бдительности человека-оператора используется техника акустической ЭЭС-обусловленной биологической обратной связи [3].

Другим и наиболее близким решением в области измерения информативных параметров ЭЭС в сложных экстремальных условиях являются устройство и алгоритм его работы, приведенные в [8]. Известное устройство позволяет измерять ЭЭС с головы испытуемого, производить его обработку и сохранять полученные значения в запоминающее устройство или выводить результат на экран монитора. Преимуществом данного устройства измерения информативных параметров ЭЭС является использование адаптивных полосовых фильтров, позволяющее подавлять помехи от движения в реальном масштабе времени. Алгоритм измерения и обработки ЭЭС приведен на рис. 1.

Другое известное устройство приведено в работе [6]. Преимуществом данного устройства является то, что для контроля выхода пилота из контура управления (в условиях экстремальных ситуаций) проводят непрерывную регистрацию и автоматический анализ его ЭЭС непосредственно в процессе деятельности в реальном масштабе времени, в то время как другие известные способы предлагают проводить регистрацию в некотором интервале времени с задержкой обработки результатов измерения.

Разнообразие существующих устройств измерения информативных параметров ЭЭС и алгоритма обработки ЭЭС в условиях повышенного уровня зашумления обусловлено как важностью проблемы, так и отсутствием доста-

точно эффективных подходов ее решения. В настоящее время существует множество устройств измерения и обработки ЭЭС в медицинских целях, но отсутствуют устройства для мониторинга деятельности центральной нервной системы испытуемых в условиях сложных экстремальных ситуаций, которые фиксировали бы отклонения от нормы и предупреждали оператора о физиологическом состоянии его здоровья [9].

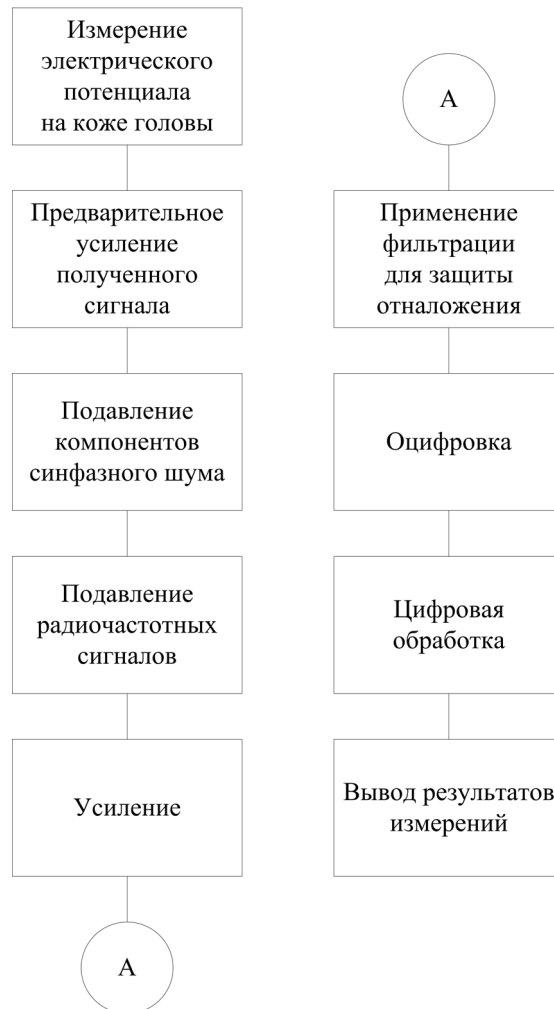


Рис. 1. Алгоритм измерения и обработки ЭЭС

Блок-схема известного устройства измерения информативных параметров ЭЭС отражена на рис. 2.

### 3. Разработка устройства измерения информативных параметров ЭЭС и контроля выхода испытуемого из контура управления

На основе анализа известных устройств измерения информативных параметров ЭЭС [1, 4, 7, 10] предложены новое устройство и алгоритм обработки ЭЭС в условиях повышенного уровня помех для контроля выхода пилота из контура управления.



Рис. 2. Блока-схема известного устройства измерения информативных параметров ЭЭС

Алгоритм обработки ЭЭС представлен на рис. 3, блок-схема предложенного устройства измерения информативных параметров ЭЭС представлена на рис. 4.

Рассмотрим подробнее основные этапы работы устройства. Данное устройство позволяет измерять электрический потенциал на коже головы испытуемого через волосяной покров без какой-либо подготовки кожи головы или нанесения токопроводящего геля между кожей головы и датчиком. Измеренные электрические потенциалы на коже головы предварительно усиливаются с высоким входным импедансом и коэффициентом усиления, фазой и задержкой для формирования измеренных и усиленных замеров электрических потенциалов головного мозга.



Рис. 3. Предложенный алгоритм обработки ЭЭС

На следующем этапе работы устройства осуществляется оцифровка электрического потенциала на коже головы с ограниченной полосой пропускания, применяется для формирования последовательности оцифрованных значений электрического потенциала на коже головы в виде ЭЭС.

Последующая обработка ЭЭС основывается на анализе частотных компонент ЭЭС в реальном масштабе времени с автоматическим сравнительным анализом пороговых частотных значений тэта, альфа и гамма волн в секунду.

Далее согласно работе устройства происходит формирование и сохранение формы ЭЭС с последующей передачей сигнала на экран монитора.



Рис. 4. Блок-схема предложенного устройства измерения информативных параметров ЭЭС

Анализ частотных характеристик ЭЭС проводится в реальном масштабе времени методом периодометрического анализа с определением числа волн тэта, альфа и гамма активностей центральной нервной системы испытуемого с последующим автоматическим сравнительным анализом нормы и

отклонения ЭЭС. Анализатор ЭЭС преобразует комбинацию полученных значений в сенсорный сигнал и подает в автоматическом режиме предупреждающий звуковой сигнал на стерео-гарнитуру, установленную в комнате испытуемого, и световой сигнал на экран монитора. Также согласно предложенной блок-схеме устройства данная информация автоматически передается в диспетчерский (информационный) центр о нарушении работы головного мозга испытуемого.

### **Заключение**

В работе проведен анализ известных решений в области измерения информативных параметров ЭЭС. Разработаны новые блок-схема устройства измерения информативных параметров ЭЭС и алгоритм обработки ЭЭС в условиях повышенного уровня помех при свободной двигательной активности испытуемых в условиях экстремальных ситуаций. Предложенные устройства измерения информативных параметров ЭЭС, в отличие от существующих аналогов, позволяют повысить быстродействие устройства и его оперативность более чем в 2 раза за счет анализа частотных компонент ЭЭС в реальном масштабе времени с автоматическим сравнительным анализом пороговых частотных значений  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  волн в секунду.

### **Список литературы**

1. Патент № 2539004 Российская Федерация. Способ контроля выхода человека-оператора из контура управления / Изнак А. Ф., Чайнов Н. В. – опубл. 10.01.2015.
2. **Венцевич, Л. Е.** Локомотивные устройства обеспечения безопасности движения поездов и расшифровка информационных данных их работы / Л. Е. Венцевич. – М. : Маршрут, 2006. – 328 с.
3. **Гусельников, В. И.** Ритмическая активность в сенсорных системах / В. И. Гусельников, А. Ф. Изнак. – М. : Изд-во МГУ, 2008. – 198 с.
4. Патент № 2332160 Российская Федерация. Способ исследования электроэнцефалограммы человека и животных / Туровский Я. А., Семенов А. Г., Максимов А. В., Кургалин С. Д. – опубл. 27.08.2008.
5. **Рыбина, И. Я.** Электроэнцефалография / И. Я. Рыбина, Л. А. Коренко, Т. А. Скоромец. – СПб. : Логос, 2004. – 53 с.
6. **Коханов, В. П.** Психиатрия катастроф и чрезвычайных ситуаций (теория и практика) / В. П. Коханов, В. Н. Краснов. – М. : Практическая медицина, 2008. – С. 445–448.
7. Патент № 2444275 Российская Федерация. Способ и устройство определения пространственного положения глаз для вычисления линии взгляда / Шевчик С. А., Величковский Б. М., Величковский Б. Б., Вартанов А. В., Шаповалова В. В. – опубл. 10.03.2012.
8. Патент № 2479252 Российская Федерация. Способ и устройство для измерения электрического потенциала на коже головы / Отто Э., Бонджерс Д. – опубл. 20.04.2013.
9. Специфика и проблемы диагностики психогенных состояний / А. Ю. Тычков, П. П. Чураков, В. Б. Калистратов, А. Н. Тычкова, А. В. Агейкин // Психическое здоровье. – 2015. – № 8 (111). – С. 40–44.
10. **Tychkov, A. Yu.** Development and Study of a Virtual Encephalograph / A. Yu. Tychkov // Biomedical Engineering. – 2015. – Vol. 49, Issue 1, P. 37–41.



### References

1. Patent № 2539004 Russian Federation. *Sposob kontrolya vykhoda cheloveka-operatora iz kontura upravleniya* [A method of controlling human-operator's exit from a control loop]. Iznak A. F., Chayanov N. V. Publ. Jan. 10, 2015.
2. Ventsevich L. E. *Lokomotivnye ustroystva obespecheniya bezopasnosti dvizheniya poezdov i rasshifrovka informatsionnykh dannykh ikh raboty* [Locomotive devices of train operation safety and decoding of performance data thereof]. Moscow: Marshrut, 2006, 328 p.
3. Gusel'nikov V. I., Iznak A. F. *Ritmicheskaya aktivnost' v sensorykh sistemakh* [Rhythmic activity in sensor systems]. Moscow: Izd-vo MGU, 2008, 198 p.
4. Patent № 2332160 Russian Federation. *Sposob issledovaniya elektroentsefalogrammy cheloveka i zhivotnykh* [A method of electroencephalogram examination of people and animals]. Turovskiy Ya. A., Semenov A. G., Maksimov A. V., Kurgalin S. D. Publ. Aug. 27, 2008.
5. Rybina I. Ya., Korenko L. A., Skoromets T. A. *Elektroentsefalografiya* [Electroencephalography]. Saint-Petersburg: Logos, 2004, 53 p.
6. Kokhanov V. P., Krasnov V. N. *Psikhiatriya katastrof i chrezvychaynykh situatsiy (teoriya i praktika)* [Disaster and emergency psychiatry (theory and practice)]. Moscow: Prakticheskaya meditsina, 2008, pp. 445–448.
7. Patent № 2444275 Russian Federation. *Sposob i ustroystvo opredeleniya prostanstvennogo polozheniya glaz dlya vychisleniya linii vzglyada* [A method and device for eye spatial position determination to calculate a line of sight]. Shevchik S. A., Velichkovskiy B. M., Velichkovskiy B. B., Vartanov A. V., Shapovalova V. V. Publ. March 10, 2012.
8. Patent № 2479252 Russian Federation. *Sposob i ustroystvo dlya izmereniya elektricheskogo potentsiala na kozhe golovy* [A method and device for electric potential measurement on scalp]. Otto E., Bondzhers D. Publ. Apr. 20, 2013.
9. Tychkov A. Yu., Churakov P. P., Kalistratov V. B., Tychkova A. N., Ageykin A. V. *Psikhicheskoe zdorov'e* [Mental health]. 2015, no. 8 (111), pp. 40–44.
10. Tychkov A. Yu. *Biomedical Engineering*. 2015, vol. 49, issue 1, pp. 37–41.

---

#### **Тычков Александр Юрьевич**

кандидат технических наук, заместитель директора научно-исследовательского института фундаментальных и прикладных исследований, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: tychkov-a@mail.ru

#### **Tychkov Aleksandr Yur'evich**

Candidate of engineering sciences, deputy director of the Research Institute of Fundamental and Applied Studies, 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: iit@pnzgu.ru

#### **Churakov Petr Pavlovich**

Doctor of engineering sciences, professor, sub-department of information-measuring equipment and metrology, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

**Тычкова Анна Николаевна**

начальник инновационно-аналитического отдела, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: tychkov-a@mail.ru

**Tychkova Anna Nikolaevna**

Head of innovation analytical department, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

---

УДК 57.087

**Тычков, А. Ю.**

**Устройство измерения информативных параметров энцефалографических сигналов в сложных экстремальных условиях / А. Ю. Тычков, П. П. Чураков, А. Н. Тычкова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2015. – № 4 (36). – С. 79–88.**