

ПРИБОРЫ, СИСТЕМЫ И ИЗДЕЛИЯ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ MEDICAL DEVICES, SYSTEMS AND PRODUCTS

УДК 61.13058

doi:10.21685/2307-5538-2022-3-14

КОНТРОЛЬ И КОРРЕКЦИЯ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА

С. Ю. Тверская¹, А. Ю. Тычков², А. П. Назарычев³

^{1,2,3} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия
¹ tverskaya_sofya@mail.ru, ² tychkov-a@mail.ru, ³ naz_artem@mail.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Внедрение новых технологий облегчает повседневную жизнь, но в то же время усиливает воздействие на нервную систему человека, что в свою очередь негативно сказывается на его здоровье, качестве жизни и работоспособности. Целью работы является разработка методики контроля и коррекции информативных параметров физиологической активности головного мозга за счет применения известных и новых оригинальных подходов восстановления нервной системы в условиях продолжительного стресса. *Материалы и методы.* В работе приведен обзор систем регистрации и коррекции параметров физиологической активности головного мозга, а также предложена методика контроля и коррекции физиологических параметров активности головного мозга. Предлагается использовать новые и усовершенствованные методы цифровой обработки физиологических сигналов головного мозга для обеспечения автоматизации процесса анализа сигналов врачом. *Результаты и выводы.* Разработана методика контроля и коррекции физиологических параметров активности головного мозга, обеспечивающая регистрацию физиологических сигналов головного мозга по восьми отведениям, хранение и цифровую обработку, анализ информативных параметров и принятие решения.

Ключевые слова: электроэнцефалограмма, информативные параметры, контроль и коррекция, физиологическая активность

Для цитирования: Тверская С. Ю., Тычков А. Ю., Назарычев А. П. Контроль и коррекция информативных параметров физиологической активности головного мозга // Измерения. Мониторинг. Управление. Контроль. 2022. № 3. С. 114–120. doi:10.21685/2307-5538-2022-3-14

CONTROL AND CORRECTION OF INFORMATIVE PARAMETERS OF PHYSIOLOGICAL ACTIVITY OF THE BRAIN

S.Yu. Tverskaya¹, A.Yu. Tychkov², A.P. Nazarychev³

^{1,2,3} Penza State University, Penza, Russia
¹ tverskaya_sofya@mail.ru, ² tychkov-a@mail.ru, ³ naz_artem@mail.ru

Abstract. *Background.* The introduction of new technologies makes everyday life easier, but at the same time increases the impact on the human nervous system, which in turn negatively affects his health, quality of life and performance. The aim of the work is to develop a technique for monitoring and correcting the informative parameters of the physiological activity of the brain through the use of known and new original approaches to restore the nervous system under conditions of prolonged stress. *Materials and methods.* The paper provides an overview of systems for recording and correcting the parameters of the physiological activity of the brain, as well as a method for monitoring and correcting the physiological parameters of brain activity. It is proposed to use new and improved methods of digital processing of physiological signals of the brain to ensure automation of the signal analysis process by a doctor. *Results and conclu-*

sions. A technique for monitoring and correcting the physiological parameters of brain activity has been developed, which ensures the registration of physiological signals of the brain in eight leads, storage and digital processing, analysis of informative parameters and decision making.

Keywords: electroencephalogram, informative parameters, control and correction, physiological activity

For citation: Tverskaya S.Yu., Tyckov A.Yu., Nazarychev A.P. Control and correction of informative parameters of physiological activity of the brain. *Izmereniya. Monitoring. Upravlenie. Kontrol' = Measurements. Monitoring. Management. Control.* 2022;(3):114–120. (In Russ.). doi:10.21685/2307-5538-2022-3-14

Введение

Человек постоянно взаимодействует с окружающим миром и ежедневно соприкасается с проблемами, стрессом, которые имеют отрицательное значение, в результате чего возникают эмоциональные перегрузки. Однако на стресс каждый человек реагирует по-разному, это зависит от его возраста, уровня образования, интеллекта, эмоциональных возможностей и многого другого.

Известны три стадии становления эмоционального перенапряжения [1]. Первая – это тревога, с которой встречается человек почти каждый день в результате взаимодействия с окружающим миром (например, на работе или дома). В то же время происходит мобилизация человеческого организма. Вторая стадия – сопротивление организма, когда человек еще готов преодолеть трудности, но отсутствует душевный подъем, самочувствие ухудшается, появляется ощущение слабости и т.д. Третья стадия – истощение, когда стресс становится продолжительным по времени, т.е. физические и психологические механизмы человека сломлены и организму требуется медицинская помощь. На последней стадии возникают неврозы и депрессивные состояния, различные тревожно-фобические расстройства.

В лечебной практике разделилось мнение относительно выбора инструмента лечения человека с высоким уровнем эмоционального напряжения: лекарственные или физиотерапевтические [2–4]. Однако применение лекарственных препаратов может вызвать много сопутствующих заболеваний, контроль за которыми не всегда возможно осуществить в период реабилитации или лечения пациента. Известно множество видов физиотерапевтического воздействия [5, 6]: вибрационное, акустическое, электромагнитное, визуальное и их комбинации. По мнению авторов [7, 8], физиологическое или внешнее воздействие позволяет относительно безопасно нормализовать эмоциональное состояние человека за короткий период времени.

Внешнее воздействие на человека без учета и контроля эмоционального состояния специалистом может привести к ухудшению состояния здоровья. Необходимо проведение дополнительной диагностики, которая позволит объективно оценивать изменения в организме. Для проведения диагностики физиологического состояния человека лучше всего использовать инструментальные методы исследования [9]. Среди таких методов популярность получили электрофизиологические, самым доступным и распространенным среди которых является электроэнцефалография [9].

Системы регистрации физиологических параметров головного мозга

Метод электроэнцефалографии позволяет регистрировать физиологические параметры головного мозга и отображать их на кривой – электроэнцефалографический сигнал (ЭЭС). ЭЭС представляет собой сложноструктурированный и нестационарный сигнал, регистрируемый с поверхности головного мозга человека [10].

Формирование ЭЭС осуществляется путем регистрации разности потенциалов между двумя точками (электродами) на поверхности головы человека: положительный и отрицательный вход канала усиления. Полученный сигнал представляет собой сумму простых электрических сигналов. ЭЭС рассматривают как обычные колебательные процессы в виде отдельных ритмов по частоте, амплитуде и фазе. Ритм представляет собой определенный тип электрической активности, соответствующий конкретному состоянию мозга [11–13].

Для регистрации ЭЭС используются различные системы, отличающиеся по чувствительности, скорости регистрации, числу каналов и по монтажу электродов [9, 14].

По числу каналов: регистрация ЭЭС начинается с 8 каналов, минимальное количество точек для обхвата всех областей мозга. В настоящее время существуют 8, 16, 21, 32 и более каналные энцефалографы. Для дополнительного анализа вводят каналы ЭКГ, ЭМГ и дополнительные расширения, а именно видео-ЭЭГ, ПСГ, ЭМГ, АЭЭГ.

Благодаря методу электроэнцефалографии и дальнейшей цифровой обработке ЭЭС стало возможным быстрое выявление отклонений в работе мозга и изменений параметров головного мозга в зависимости от внешнего воздействия на него.

Системы коррекции физиологической активности работы головного мозга

Для коррекции эмоционального состояния человека в настоящее время применяются системы внешнего воздействия или коррекции. Это совокупность устройств, оказывающих внешнее неинвазивное (визуальное, аудиальное, вибрационное и т.д.) воздействие на организм человека [15–17].

Любое неинвазивное воздействие на человеческий организм изменяет электрофизиологическую активность [18]. Различают следующие виды воздействия: визуальное [5], аудиальное (или музыкальное) [6], световое [7], вибрационное [8].

Считается [19], что аудиовизуальное воздействие (АВС) позволяет быстрее восстановить уровень психоэмоционального состояния, поддерживать высокую работоспособность в течение длительного времени, запоминать больше информации.

Внешняя стимуляция осуществляется системой воздействия за счет комбинации ритмов, тонов и специальных музыкальных эффектов, а также калейдоскопических эффектов световой стимуляции.

Для осуществления аудиовизуального воздействия авторами настоящей статьи выбрана система АВС МАЙНД машина Nova pro 100 photosonix [20]. В системе представлено 100 режимов внешнего воздействия, в которых сочетаются ритмы, частота музыки, световая стимуляция. В зависимости от режимов работы системы реакция организма может меняться.

Система воздействия оказывает влияние в следующие диапазоны частот, которые соответствуют известным ритмам на ЭЭС:

- бета-ритм 13–30+ Гц. Соответствует состоянию организма человека в режиме бодрствования;
- альфа-ритм 8–12 Гц. Соответствует состоянию организма человека во время расслабления;
- тета-ритм 3–7 Гц. Соответствует состоянию организма человека во время засыпания или во время творчества;
- дельта-ритм 0,5–2 Гц. Соответствует состоянию человека во время сна.

В системе воздействия возможен выбор нескольких вариантов звукового стимулирующего тона:

- пульсирующая частота;
- пульсирующий розовый шум;
- пульсирующие различные типы аккордов;
- бинауральные биения;
- бинауральные биения с розовым шумом;
- двойные бинауральные биения;
- двойные моноуральные биения.

Методика контроля и коррекции информативных параметров физиологической активности головного мозга

Использование приборов АВС для восстановления эмоционального состояния человека – явление распространенное. Однако использование подобных систем, без контроля со стороны медицинского персонала или специалистов, может привести к непоправимым последствиям.

Авторами настоящей статьи предложена методика обработки и коррекции информативных параметров физиологической активности головного мозга (рис. 1).

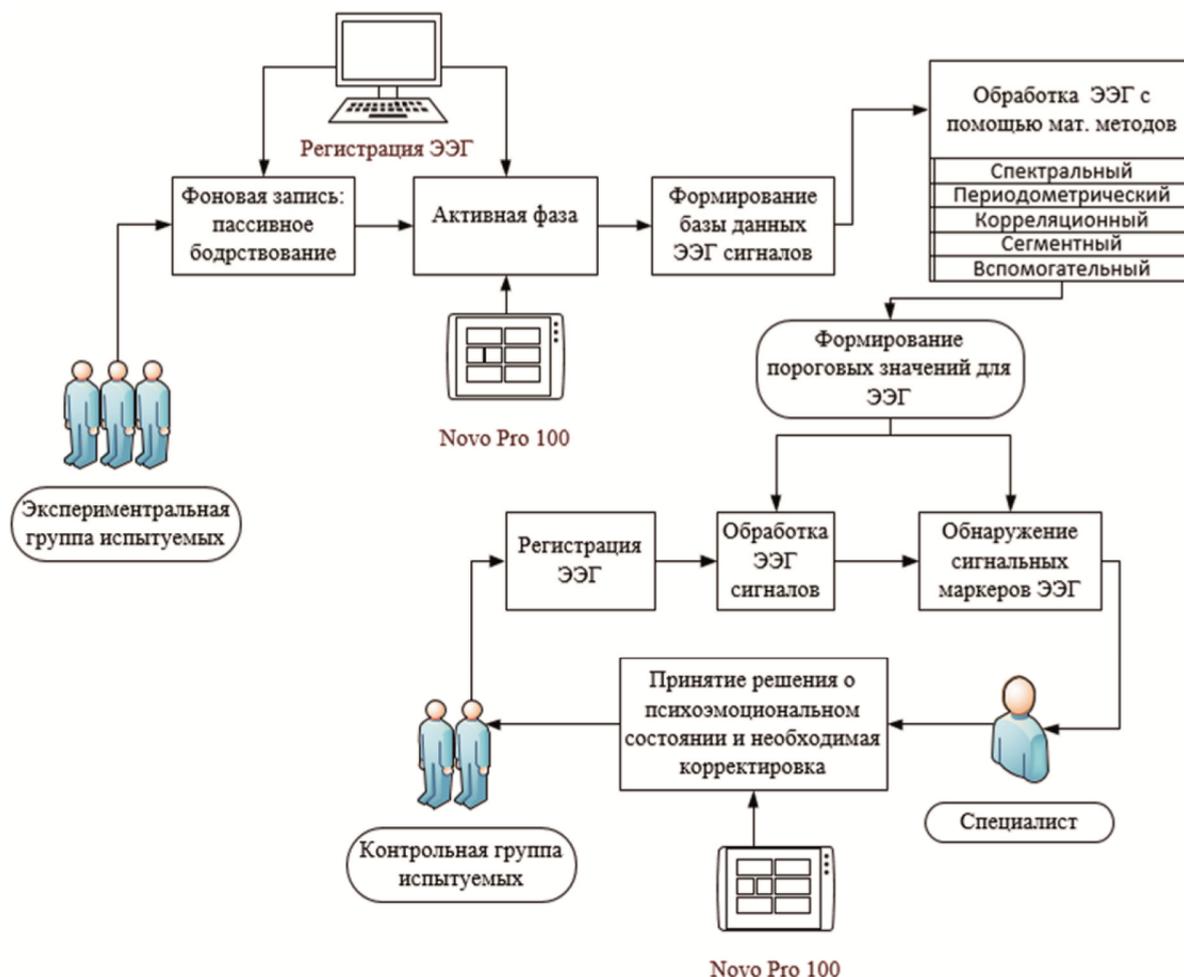


Рис. 1. Методика обработки и коррекции информативных параметров физиологической активности головного мозга

В предложенной методике обработки и коррекции медицинских сигналов для исследования эмоционального состояния здоровья человека выполняется следующая последовательность этапов:

Этап 1. Регистрация ЭЭС с помощью электроэнцефалографа. Регистрация ЭЭС проводится для группы лиц для сравнения: до и после воздействия. Из этих сигналов формируется база данных для последующего математического анализа и для обработки результатов специалистом.

Этап 2. Обработка ЭЭС с помощью математических методов. Анализ, подавление помех и выделение информативных параметров сигналов. Включает в себя различные методы цифровой обработки ЭЭС, таких как вейвлет- и Фурье-преобразование, корреляционный и периодометрический анализ. Данные методы являются наиболее распространенными и известными для решения поставленных в рамках этапов функционирования методики задач. Далее идет формирование пороговых значений для ЭЭС.

Этап 3. Обнаружение сигнальных маркеров – выделение информативных участков исследуемых ЭЭС, распознавание и анализ сигнальных маркеров.

Этап 4. Подбор программы коррекции. Решение о корректировке принимается специалистом по результатам анализа. Он опирается на результаты исследования медицинских данных и признаки состояния эмоционального здоровья пациента.

Представленная методика основывается на сочетании различных методов и способов обработки и анализа исследуемых медицинских сигналов. В основе представленной методики на этапах предварительной обработки и определения сигнальных маркеров исследуемых медицинских сигналов предложено использовать спектральные методы анализа [21].

Заключение

Разработанная методика обработки и коррекции медицинских сигналов для исследования эмоционального состояния здоровья человека помогает нормализовать эмоциональное состояние человека без медицинского вмешательства. Проанализировав нормальное и стабильное состояние человека во время стресса с помощью внешнего визуального/аудиального воздействия, можно подобрать программу для восстановления оптимального состояния человека. В дальнейшем авторами будет проведено исследование по данной методике на группе добровольцев.

Список литературы

1. Паточкина Н. А., Комелькова М. В., Цейликман О. Б., Лапшин М. С. Стресс: психологические, биохимические и психофизиологические аспекты : учеб. пособие. Челябинск, 2017. 82 с.
2. Зенков Л. Р., Ронкин М. А. Функциональная диагностика нервных болезней. М. : Медицина, 1991. 640 с.
3. Ефремова М. В. Анализ методов оценки психоэмоционального состояния человека // Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии : сб. материалов заочных науч.-практ. конф. Владимир, 2020. С. 105–109.
4. Гавря Н. Р., Вишневецкий В. Ю. Система оценки функционального состояния человека на основе ЭЭГ // Информационные технологии, системный анализ и управление : сб. тр. XVIII Всерос. науч. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов : в 3 т. Ростов н/Д. ; Таганрог (ИТСАУ), 2020. С. 168–171.
5. Дюк В. А., Кравчик М. Р., Сенкевич Ю. И. Обнаружение сублимinalного визуального воздействия на человека средствами интеллектуального анализа данных электроэнцефалографических измерений // Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. 2015. № 1. С. 83–93.
6. Щеглова Е. С. К проблеме негативного влияния музыки на человеческий организм // Современные проблемы высшего образования. Творчество в дистанционном формате : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. С. М. Низамутдиновой. М., 2021. С. 195–199.
7. Сергеева М. С., Коровина Е. С., Колсанов А. В. [и др.]. Особенности динамики ритмов ЭЭГ человека при воздействии на сетчатку глаза голубым светом в спектре максимальной чувствительности фоторецепторов циркадианной системы // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-1. С. 132.
8. Михеев А. А. Вибрационная стимуляция мышц как метод интенсивного тренировочного воздействия на организм человека // Мир спорта. 2021. № 1. С. 77–91.
9. Беницкий С., Шомер Д. Л. Электроэнцефалография: основные биофизические и технологические аспекты для использования в клинике // Epileptic Disorders. 2020. Т. 22, № 6. С. 697–715.
10. Александров М. В. Истоки электроэнцефалографии (к 90-летию первой публикации работ Ганса Бергера) // Медицинский алфавит. 2019. Т. 2, № 12. С. 6–8.
11. Сахаров В. Л., Андреев А. С. Методы математической обработки электроэнцефалограмм. Таганрог : Антон, 2000. 44 с.
12. Левченко К. А. Исследование биосигналов психоэмоционального состояния человека // Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы : сб. тр. XXXII Всерос. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов / под общ. ред. В. И. Жулева (18 марта – 5 апреля 2019 г.). Рязань, 2019. С. 108–113.
13. Агейкин А. В., Колесова Е. В., Тычков А. Ю. [и др.]. Анализ изменений ЭЭГ у больных с невротическими расстройствами // Психическое здоровье. 2018. Т. 16, № 5. С. 51–55.
14. Зенков Л. Р. Клиническая электроэнцефалография с элементами эпилептологии. М. : МЕДпресс-информ, 2004. 368 с.
15. Серик Л. В. Психокоррекционное оборудование – мощный и эффективный дополнительный метод в работе психологов УИС // Актуальные вопросы информатизации Федеральной службы исполнения наказаний на современном этапе развития уголовно-исполнительной системы : сб. материалов круглого стола. Тверь, 2018. С. 364–373.
16. Москвин В. А., Москвина Н. В. Метод аудиовизуальной стимуляции как способ психофизиологической подготовки спортсменов // Спортивный психолог. 2009. № 3. С. 54–59.
17. Мачихин В. А. Автоматизированное программируемое устройство для стимуляции испытуемого в целях выделения когнитивной реакции головного мозга и фрактальный анализ полученных данных ЭЭГ : дис. ... к-та техн. наук. Самара, 2019. 196 с.
18. Лабанов Д. Д. Об использовании метода комплексной аудиовизуальной стимуляции в программе коррекции личности осужденных // Ведомости уголовно-исполнительной системы. 2018. № 5. С. 68–71.

19. Тамбиев А. Э. Влияние аудиовизуальной стимуляции на эффективность обучения и умственную работоспособность // Валеология. 2014. № 4. С. 48–55.
20. Технический паспорт прибора майнд машина (Аудиовизуальный плеер) модель Nova Pro 100. М., 2015.
21. Тычков А. Ю., Агейкин А. В., Алимуратов А. К. [и др.]. Анализ и оценка сигнальных систем диагностики пограничных психических расстройств // Биотехносфера. 2017. № 1. С. 35–39.

References

1. Patochkina N.A., Komel'kova M.V., Tseylikman O.B., Lapshin M.S. *Stress: psikhologicheskie, biokhimicheskie i psikhofiziologicheskie aspekty: ucheb. posobie = Stress: psychological, biochemical and psychophysiological aspects : textbook*. Chelyabinsk, 2017:82. (In Russ.)
2. Zenkov L.R., Ronkin M.A. *Funktional'naya diagnostika nervnykh bolezney = Functional diagnostics of nervous diseases*. Moscow: Meditsina, 1991:640. (In Russ.)
3. Efremova M.V. Analysis of methods for assessing the psychoemotional state of a person. *Fizika i radioelektronika v meditsine i ekologii: sb. materialov zaochnykh nauch.-prakt. konf. = Physics and radioelectronics in medicine and ecology : collection of materials of correspondence scientific and practical conf.* Vladimir, 2020:105–109. (In Russ.)
4. Gavrya N.R., Vishnevetskiy V.Yu. A system for assessing the functional state of a person based on EEG. *Informatsionnye tekhnologii, sistemnyy analiz i upravlenie: sb. tr. KhVIII Vseros. nauch. konf. molodykh uchennykh, aspirantov i studentov: v 3 t. = Information technologies, system analysis and management : proceedings of the XVIII All-Russian Scientific Conference of young scientists, postgraduates and students : in 3 vols*. Rostov-na-Donu; Taganrog (ITSAU), 2020:168–171. (In Russ.)
5. Dyuk V.A., Kravchik M.R., Senkevich Yu.I. Detection of subliminal visual impact on a person by means of intellectual analysis of electroencephalographic measurement data. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Prikladnaya matematika. Informatika. Protsessy upravleniya = Bulletin of St. Petersburg University. Applied mathematics. Computer science. Management processes*. 2015;(1):83–93. (In Russ.)
6. Shcheglova E.S. On the problem of the negative influence of music on the human body. *Sovremennye problemy vysshego obrazovaniya. Tvorchestvo v distantsionnom formate: materialy VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. = Modern problems of higher education. Creativity in a remote format : materials of the VI International scientific and practical conf.* Moscow, 2021:195–199. (In Russ.)
7. Sergeeva M.S., Korovina E.S., Kolsanov A.V. et al. Features of the dynamics of human EEG rhythms when exposed to the retina with blue light in the spectrum of maximum sensitivity of photoreceptors of the circadian system. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education*. 2015;(2-1):132. (In Russ.)
8. Mikheev A.A. Vibrational muscle stimulation as a method of intensive training effect on the human body. *Mir sporta = The world of sports*. 2021;(1):77–91. (In Russ.)
9. Beniczky S., Schomer D.L. Electroencephalography: basic biophysical and technological aspects for use in the clinic. *Epileptic Disorders*. 2020;22(6):697–715. (In Russ.)
10. Aleksandrov M.V. The origins of electroencephalography (to the 90th anniversary of the first publication of the works of Hans Berger). *Meditsinskiy alfavit = Medical Alphabet*. 2019;2(12):6–8. (In Russ.)
11. Sakharov V.L., Andreenko A.S. *Metody matematicheskoy obrabotki elektroentsefalogramm = Methods of mathematical processing of electroencephalograms*. Taganrog: Anton, 2000:44. (In Russ.)
12. Levchenko K.A. Investigation of biosignals of the psychoemotional state of a person. *Biotehnicheskie, meditsinskie i ekologicheskie sistemy, izmeritel'nye ustroystva i robototekhnicheskie komplekсы: sb. tr. XKhKhII Vseros. nauch.-tekhn. konf. studentov, molodykh uchennykh i spetsialistov = Biotechnical, medical and ecological systems, measuring devices and robotic complexes : proceedings of XXXIII All-Russian Scientific and Technical. conf. of students, young scientists and specialists*. Ryazan', 2019:108–113. (In Russ.)
13. Ageykin A.V., Kolesova E.V., Tyчков A.Yu. et al. Analysis of EEG changes in patients with neurotic disorders. *Psikhicheskoe zdorov'e = Mental health*. 2018;16(5):51–55. (In Russ.)
14. Zenkov L.R. *Klinicheskaya elektroentsefalografiya s elementami epileptologii = Clinical electroencephalography with elements of epileptology*. Moscow: MEDpress-inform, 2004:368. (In Russ.)
15. Serik L.V. Psychocorrection equipment – a powerful and effective additional method in the work of psychologists of the Criminal Justice System. *Aktual'nye voprosy informatizatsii Federal'noy sluzhby ispolneniya nakazaniy na sovremennom etape razvitiya ugolovno-ispolnitel'noy sistemy: sbornik materialov kruglogo stola = Actual issues of informatization of the Federal Penitentiary Service at the present stage of development of the penal system : collection of materials of the round table*. Tver', 2018:364–373. (In Russ.)
16. Moskvina V.A., Moskvina N.V. Method of audiovisual stimulation as a method of psychophysiological training of athletes. *Sportivnyy psikholog = Sports psychologist*. 2009;(3):54–59. (In Russ.)

17. Machikhin V.A. *Avtomatizirovannoe programmiruемое ustroystvo dlya stimulyatsii ispytuемого v tselyakh vydeleniya kognitivnoy reaktsii golovnoy mozga i fraktal'nyy analiz poluchennykh dannykh EEG = Automated programmable device for stimulating the subject in order to isolate the cognitive reaction of the brain and fractal analysis of the obtained EEG data.* PhD dissertation. Samara, 2019:196. (In Russ.)
18. Labanov D.D. On the use of the method of complex audiovisual stimulation in the program of correction of the personality of convicts. *Vedomosti ugovovno-ispolnitel'noy sistemy = Vedomosti of the penitentiary system.* 2018;(5):68–71. (In Russ.)
19. Tambiev A.E. The influence of audiovisual stimulation on the effectiveness of learning and mental performance. *Valeologiya = Valeologiya.* 2014;(4):48–55. (In Russ.)
20. *Tekhnicheskiy pasport pribora maynd mashina (Audiovizual'nyy pleer) model' Nova Rgo 100 = Technical passport of the device mind machine (Audio-visual player) model Nova Rgo 100.* Moscow, 2015. (In Russ.)
21. Tychkov A.Yu., Ageykin A.V., Alimuradov A.K. et al. Analysis and evaluation of signaling systems of diagnostics of borderline mental disorders. *Biotekhnosfera = Biotechnosphere.* 2017;(1):35–39. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Софья Юрьевна Тверская

студентка,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: tverskaya_sofya@mail.ru

Sofya Yu. Tverskaya

Student,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Александр Юрьевич Тычков

доктор технических наук,
профессор кафедры радиотехники
и радиоэлектронных систем,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: tychkov-a@mail.ru

Aleksandr Yu. Tychkov

Doctor of technical sciences,
professor of the sub-department of radio
engineering and radio electronic system,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Артём Павлович Назарычев

студент,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: naz_artem@mail.ru

Artem P. Nazarychev

Student,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.**

Поступила в редакцию/Received 12.05.2022

Поступила после рецензирования/Revised 14.06.2022

Принята к публикации/Accepted 18.07.2022