DOI: 10.25696/ELSYS.VC2.RU.12

АНАЛИЗ ПЕРИОДА МОЗГОВОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЕЙ ВИБРОИЗОБРАЖЕНИЯ

В. А. Минкин, А. Н. Качалин

ООО «Многопрофильное предприятие «Элсис», Санкт-Петербург, Россия (minkin@elsys.ru).

Аннотация: *Проведено экспериментальное исследование периода мозговой активности испытуемого в частотном диапазоне VLF во время занятия тремя различными видами деятельности. Показано, как меняется период мозговой активности при различной работе и различной умственной нагрузке. Предложена гипотеза поясняющая эффективность контроля вестибулярной системы и механической активности головы человека в качестве индикаторов периода мозговой активности.*

Ключевые слова: *виброизображение, психофизиология, период активности мозга (ПАМ), естественная регуляция мозговой активности, реакция на стимулы, VLF.*

ANALYSIS OF BRAIN ACTIVITY PERIOD IN VARIOUS HUMAN ACTIVITIES BY VIBRAIMAGE TECHNOLOGY

Viktor Minkin, Andrey Kachalin

ELSYS Corp., St. Petersburg, Russia (minkin@elsys.ru).

Abstract: *An experimental study of the brain activity period of a subject in the VLF frequency range during the occupation of three different activities was conducted. It is shown how the period of brain activity varies with different work. A hypothesis is proposed explaining the dependence of brain activity period on the load on the brain.*

Keywords: *vibraimage, psychophysiology, brain activity period (BAP), natural regulation of brain activity, response to stimuli, VLF.*

В работе о психофизиологических механизмах формирования периода мозговой активности [Минкин, Бланк, 2019] была предложена гипотеза, что период мозговой активности в частотном диапазоне VLF (very low frequency, период 30–60 секунд) [Флейшман, 1999, Флейшман и др., 2014*а*, *б*] является функцией от нагрузки на мозг. Целью данной работы стала проверка предложенной гипотезы и проведение статистически достоверных измерений периода мозговой активности испытуемого, решающего различные умственные задачи.

Материалы и метод

Измерения периода мозговой активности проводились на одном испытуемом, мужчине 29 лет, программистом по специальности, имеющим звание КМС по шахматам. Измерения проводились в рабочее время и при выполнении испытуемым производственных заданий с 11.00 до 18.00 в марте 2019 года при согласии испытуемого. Производственная деятельность испытуемого заключалась в программировании и работе с документацией. В качестве отдыха между решением производственных задач испытуемый играл в шахматы (блиц) через интернет

с контролем времени 1 минута на партию. Измерение периода мозговой активности проводилось технологией виброизображения [Минкин, 2000,2007, 2018] при контроле вестибулярно-эмоционального рефлекса [Minkin, Nikolaenko, 2008, Бланк и др., 2012]. Перед испытуемым была установлена веб камера Microsoft LifeCam Studio с разрешающей способностью 640×480 элементов, частотой кадров 30 Гц, закрепленная на мониторе. Изображение головы испытуемого составляло на фотоприемнике веб камеры, составляло не менее 200 элементов по горизонтали. Обработка видеоизображения и определение данных о текущем значении психофизиологического состояния (ПФС) испытуемого определялось программой VibraMed10 [VibraMed10, 2019], настройки программы были установлены по умолчанию кроме времени измерения ПФС, которое составляло 380 с. Статистическая обработка результатов измерений осуществлялась программой VibraStat [VibraStat, 2019], которая осуществляла суммирование и усреднение текущего ПФС с помощью алгоритма быстрой обработки Фурье [Heideman et al.,1984] (FFT). В обработку было отправлено 78 результатов измерений ПФС, когда испытуемый занимался обработкой документации, 38 результатов по обработке документов и 38 результатов при игре в шахматы. Каждый результат измерения ПФС программой VibraMED10 включал 380×5 = 1900 отсчетов ПФС, так как частота определения ПФС составляла 5 отсчетов в секунду.

Результаты

Результаты усреднения спектрограмм FFT при измерении ПФС испытуемого который занимался составлением документов и чтением технической литературы приведены на рисунке 1.

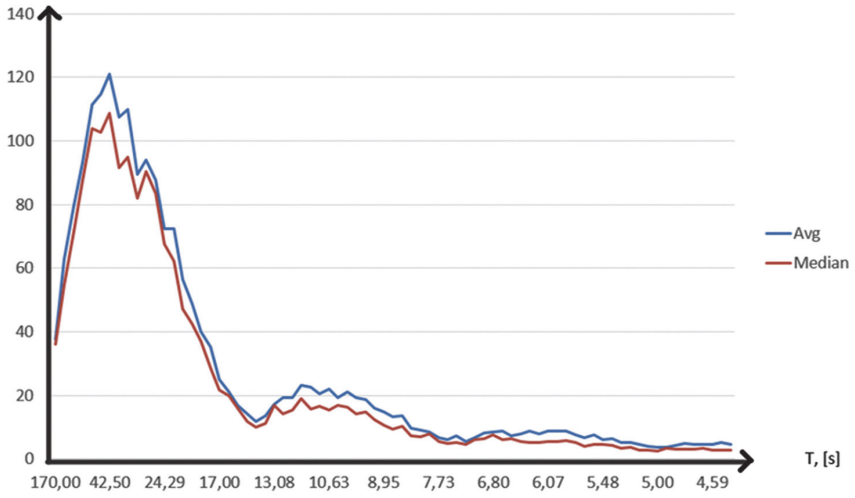

Рис. 1. Усредненная спектрограмма FFT изменения психофизиологического состояния по 78 тестированиям. В ходе измерений тестируемый занимался составлением документов и чтением технической литературы

Полученная на рисунке 1 усредненная спектрограмма имеет максимум на 48,5 секундах. Максимум, определенный по среднему и медианному значению при усреднении спектрограмм Фурье совпал. Результаты усреднения спектрограмм FFT при измерении ПФС испытуемого который занимался программированием приведены на рисунке 2.

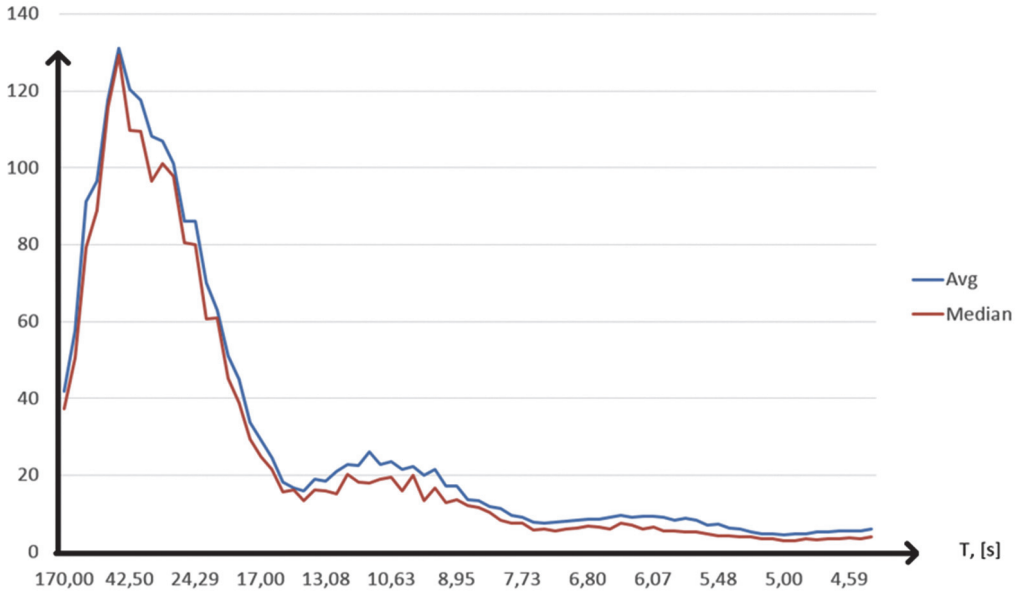

Рис. 2. Усредненная спектрограмма изменения психофизиологического состояния по 38 тестированиям. В ходе измерений тестируемый занимался программированием

Полученная на рисунке 2 спектрограмма имеет максимум на 42,5 секундах. При этом максимум, определенный по среднему и медианному значению при усреднении спектрограмм Фурье совпал.

Результаты усреднения спектрограмм FFT при измерении ПФС испытуемого который занимался игрой в шахматы приведены на рисунке 3.

Полученная на рисунке 3 спектрограмма имеет максимум на 34 секундах При игре в шахматы (рис. 3), период максимальной мозговой активности приходился на 34 секунды. На рисунке 4 приведена зависимость максимального значения усредненных спектрограмм данных на рисунках 1–3 от вида деятельности тестируемого программиста.

Количество тестирований для разных видов деятельности оказалось различным из-за текущей производственной загрузки испытуемого, так как одной из задач исследования было отсутствие влияния данного исследования на стандартный производственный процесс испытуемого. При этом, идентичность оценок максимума по среднему арифметическому и среднему медианному подтверждает достоверность полученных оценок [Новицкий, 1975].

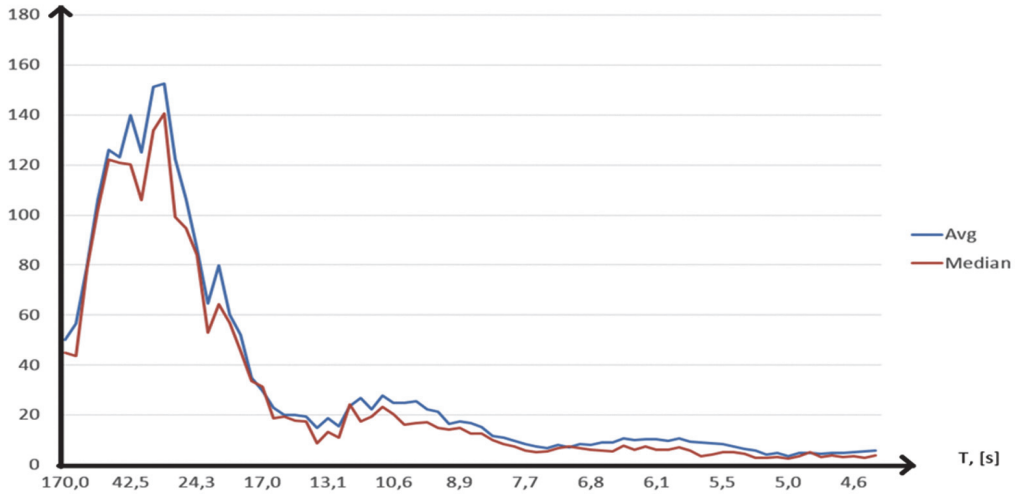

Рис. 3. Усредненная спектрограмма изменения психофизиологического состояния по 38 тестированиям. В ходе измерений субъект занимался игрой в шахматы

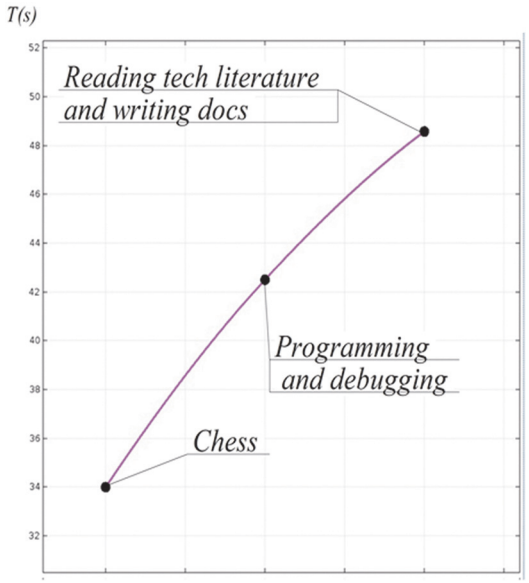

Рис. 4. Зависимость периода мозговой активности (в секундах) от рода занятий

Обсуждение результатов

Проведенные исследования показали явную зависимость периода изменения ПФС от рода деятельности испытуемого программиста. Так как испытуемый не занимался физическим трудом, то ранее в работе [Минкин, 2019] было

предложено связать изменение ПФС испытуемого с различной нагрузкой на мозг. Следовательно, логично предположить, что различная нагрузка на мозг приводит к изменению периода мозговой активности, аналогично тому как увеличение физической нагрузки на организм человека приводит к увеличению частоты сердечных сокращений (ЧСС) [Флейшман, 1999]. Так как период является обратной функцией от частоты, то по аналогии с ЧСС, получается, что испытуемый затрачивает максимальную энергию при игре в шахматы, несколько меньше при программировании и минимальные умственные затраты происходят при работе с документами. Интересно отметить, что по признанию испытуемого, он считает себя достаточно хорошим специалистом в шахматах, средним в программирование и слабым в работе с документацией. Если обобщить полученные данные, то получается, что та деятельность, которая приятна для человека является большей нагрузкой на мозг и требует от него больших затрат энергии. В то время как вид деятельности неприятный для человека, требует меньшей мозговой активности.

Уточним, что мы имеем в виду именно физические затраты энергии на мозговую активность. Физически сделанное предположение выглядит достаточно логично, так как если человек является специалистом в определенном виде деятельности, то естественно, его мозг работает максимально эффективно, то есть совершает максимальное количество операций и происходит максимальное количество передач информации между нейронами мозга.

Деятельность человека, которая ему неприятна, характеризуется малой эффективностью и низкой передачей информации между нейронами мозга, а значит на нее тратится меньше энергии. Оппоненты могут возразить, что в сказанном нет ничего нового, что все это известно из работ Винера и Бернштейна [Wiener, 1948; Bernstein, 1967], и они будут частично правы. Новое в данной работе только то, что получено экспериментальное подтверждение кибернетической модели человека, причем получено с помощью технологии виброизображения, анализирующей работу вестибулярной системы.

Анализ работы вестибулярной системы оказался более эффективным психофизиологическим тестированием, чем исследования ЭЭГ, ЧСС и МРТ [Standards, 2014], скорее всего в силу следующий причин. Работа вестибулярной системы при контроле микроперемещений головы автоматически фильтрует высокочастотные колебания в силу механической инерции. А именно высокочастотные процессы являются основным предметом изучения ЭЭГ и ЧСС. МРТ оборудование при проведении исследования не способствует нормальной деятельности человека, поэтому достаточно сложно провести аналогичные исследования и набрать статистику в сотни измерений при МРТ исследованиях.

Конечно, данное исследование нуждается в независимых подтверждениях, что достаточно просто сделать так как используемая программа VibraMed10 имеет режим ДЕМО, позволяющий всем заинтересованным лицам провести аналогичные исследования.

Выводы

Результаты данного исследования подтверждают выдвинутую гипотезу, что период мозговой активности, измеряемый технологией виброизображения зависит от рода деятельности и мозговой нагрузки испытуемого.

Литература:

1. *Bernstein N. A.* The co-ordination and regulation of movements, Oxford, Pergamon Press, 1967.
2. *Heideman et al.* Gauss and the history of the fast Fourier transform // IEEE ASSP Magazine. 1984. Vol. 1 (4). P. 14–21. DOI:10.1109/MASSP.1984.1162257.
3. *Minkin V. A., Nikolaenko N. N.* Application of Vibraimage Technology and System for Analysis of Motor Activity and Study of Functional State of the Human Body // Biomedical Engineering. 2008. Vol. 42, No. 4. P. 196–200. DOI: 10.1007/s10527-008-9045-9.
4. Standards for Educational and Psychological Testing / Edition Developed jointly by: American Educational Research Association (AERA), American Psychological Association (APA), National Council on Measurement in Education (NCME). 2014.
5. VibraMed. Emotion Recognition and Behavior Detection system. Version 10 [Electronic resource]. Saint Petersburg: Elsys Corp. publishing, 2019. URL: http://www.psymaker.com/downloads/VibraMedEng10.pdf (access date: 06.05.2019).
6. VibraStat Manual. Vibraimaging analysis of MED psychophysiological parameters statistics [Electronic resource]. Saint Petersburg: Elsys Corp. publishing, 2019. URL: http://www.psymaker.com/downloads/VibraStatAdvEng.pdf (access date: 06.05.2019).
7. *Wiener N.* Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine. Paris: Hermann & Cie; Cambridge, Mass.: MIT Press, 1948.
8. *Минкин В. А., Бланк М. А.* Психофизиологическое формирование периода мозговой активности. 2019.
9. *Минкин В. А.* Виброизображение. СПб.: Реноме, 2007. 108 с.
10. *Новицкий П. В.* Электрические измерения неэлектрических величин. Л.: Энергия, 1975.
11. Пат. RU 2187904, МПК H04N 5/14. Способ и устройство преобразования изображения / *В. А. Минкин, А. И. Штам*, ООО «МП «Элсис». Заявл. 19.12.2000; Опубл. 20.08.2002.
12. Пат. RU 2515149, МПК A61B 5/11. Способ скрининг-диагностики рака простаты / *М. А. Бланк, О. А. Бланк, В. А. Минкин*, ООО «МП «Элсис». Заявл. 06.02.2012; Опубл. 10.05.2014, Бюл. № 13.
13. Пат. RU 2017109920, МПК A61B 5/11. Способ оценки психофизиологического состояния человека / *В. А. Минкин*, ООО «МП «Элсис». Заявл. 24.03.2017; Опубл. 24.09.2018, Бюл. № 27.
14. *Флейшман А. Н.* Медленные колебания гемодинамики. Новосибирск, 1999.
15. *Флейшман А. Н. и др.* Сложная структура и нелинейное поведение VLF вариабельности ритма сердца: Модели анализа и практические приложения // ПНД. 2014*а*. Т. 22, № 1. С. 55–68.
16. *Флейшман А. Н. и др.* Ортостатическая тахикардия: диагностические и прогностическое значение VLF вариабельности ритма сердца // Бюллетень сибирской медицины. 2014*б*. Т 13, № 4. С. 136–149.