

УДК 681.2; 615.47

**Н.Б. Суворов, В.А. Абрамов, А.В. Козаченко, Ю.З. Полонский**

### **БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА – ШАХМАТЫ**

*Разработана и испытана в реальных исследованиях биотехническая система для изучения психофизиологических механизмов напряжённой интеллектуальной деятельности – игра в шахматы. Участвовали шахматисты высшей квалификации. Решена главная задача – психофизиологические параметры играющего с шахматной программой синхронизированы с текущей позицией на шахматной доске.*

*Интеллектуальная деятельность; психофизиологические параметры; шахматисты.*

**N.B. Suvorov, V.A. Abramov, A.V. Kozachenko, Yu.Z. Polonsky**

### **BIOENGINEERING SYSTEM – CHESS**

*The bioengineering system for studying of psychophysiological mechanisms of intensive intellectual activity – game in chess is developed and tested in real researches. Chess players of the top rating participated. The main task is solved – psychophysiological parameters of players are synchronized with a current position on the chessboard.*

*Intellectual activity; psychophysiological parameter; chess players.*

В медицинской информатике, при комплексной оценке функционального состояния человека в системах управления при минимальной физической нагрузке, в исследованиях умственной деятельности применяются биотехнические системы (БТС) различного назначения. Анализ с научно-практическими выводами из комплекса психофизиологических показателей является одним из наиболее ответственных процессов при диагностике, прогнозе текущего и последующего состояний, и зависит, в частности, от состава БТС и объёма аналитических возможностей.

Использование различных средств и методов анализа, реализуемых электронными устройствами, существенно расширяет пределы медицинского и психофизиологического обследования и уменьшает вероятность ошибки при оценке состояния оператора в реальном времени. Наиболее распространёнными являются БТС, включающие аппаратно-программные средства, моделирующие ту или иную деятельность, связанную с различными манипуляциями, зрительно-моторным слежением, наблюдением за информационными табло, и приводящие к состоянию монотонии и опасностью засыпания и т.п. [1]. БТС для исследования умственных нагрузок также используют модельные ситуации от простых арифметических или алгебраических задач до достаточно сложных тестов на распознавание образов в условиях действия помех, решения логических или творческих задач, предъявляемых испытуемому. Однако в настоящее время практически нет технических средств, направленных на изучение психофизиологических характеристик человека во время реальной интеллектуальной деятельности, а не её моделирования.

Целью работы являлась разработка и испытание биотехнической системы для изучения психофизиологических механизмов напряжённой интеллектуальной деятельности (во время игры в шахматы). Реализация цели потребовала выбора аппаратуры и программного обеспечения; разработки структуры БТС и алгоритма её работы; синхронизации психофизиологических параметров с шахматной партией; испытания в реальных исследованиях с шахматистами высшей квалификации.

Интеллектуальная деятельность человека является одной из специфических особенностей и наиболее сложно организованных психических функций. Инструментальных исследований в изложенной постановке ранее не проводилось, поэтому разработанный комплекс является в своём роде уникальным. В реальной шах-

матной игре с современной компьютерной программой участвовали молодые шахматисты высокой квалификации г. Санкт-Петербурга – элитные гроссмейстеры, мастера спорта с высоким рейтингом Эло. Шахматные партии проводились вслепую с закрытыми глазами, что дало возможность минимизировать помехи при регистрации электроэнцефалограммы (ЭЭГ – 21 канал), электрокардиограммы (ЭКГ с предплечий), кардиоритмограммы (КРГ). Регистрацию комплекса электрофизиологических параметров обеспечивал электроэнцефалограф “Мицар – ЭЭГ–202 (24+8)” (разработчик и производитель ООО Мицар, Санкт-Петербург, сертификат соответствия № РОСС RU.ИМ17.В00017). Помимо этого фиксировались функция дыхания – пневмограмма (ПГ) и голоса шахматиста, сообщающего свой ход, и ”транслятора”, сообщающего ход, сделанный шахматной программой.

Шахматная программа, использованная в описываемой БТС, должна быть адекватна мастерству участвующих шахматистов и/или превосходить их. В выбранной программе Deep Fritz 11 4CPU [2] предусмотрена гибкая система задания контроля времени, диапазон по рейтингу 900 – 3000 (максимальный рейтинг участвующих шахматистов составлял 2711), поэтому шахматную квалификацию программы можно варьировать – равные силы, незначительно сильнее или слабее, намного сильнее или слабее шахматиста. Некоторая коррекция возможна также путём изменения контроля времени в ту или иную сторону (гандикап).

В состав разработанной БТС (рис. 1) входят следующие основные блоки:

Главный компьютер – для синхронного отображения на мониторе в реальном времени **всех** происходящих “событий”.

Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) регистрировалась электродами, расположенными на голове испытуемого. Сигналы ЭЭГ от блока усилителей в цифровой форме через гальваническую развязку поступают в главный компьютер и отображаются на экране монитора.

Электрокардиограмма (ЭКГ) регистрировалась через один из полиграфических каналов электроэнцефалографа.

Дыхание – пневмограмма регистрировалась с помощью носового (назального) терморезисторного датчика, подсоединяемого через один из полиграфических каналов с отображением на экране.

Аудиосигналы от микрофонов “транслятора” и испытуемого через полиграфические каналы в виде меток также выносятся на монитор вместе с остальными параметрами.

В состав БТС входит также блок обработки информации, созданный на базе программных комплексов WinEEG, WinHRV.

Фотостимулятор – прибор, генерирующий световые сигналы с заданными параметрами для воздействия на зрительный анализатор.

Испытуемый – шахматист, способный вести партию вслепую на высоком уровне.

“Транслятор” – опытный шахматист, обеспечивающий передачу информации между шахматным компьютером и игроком, умеющий чётко передавать ходы, сделанные компьютером, и вводить в компьютер ходы, сделанные игроком, с минимальной задержкой.

Видеокамера направлена на дополнительный монитор для передачи шахматной позиции на монитор главного компьютера, обеспечивает синхронизацию психофизиологических параметров и шахматной партии. Видеоизображение с текущей позицией воспроизводится синхронно с выводом на экран соответствующих участков всех регистрируемых параметров испытуемого.

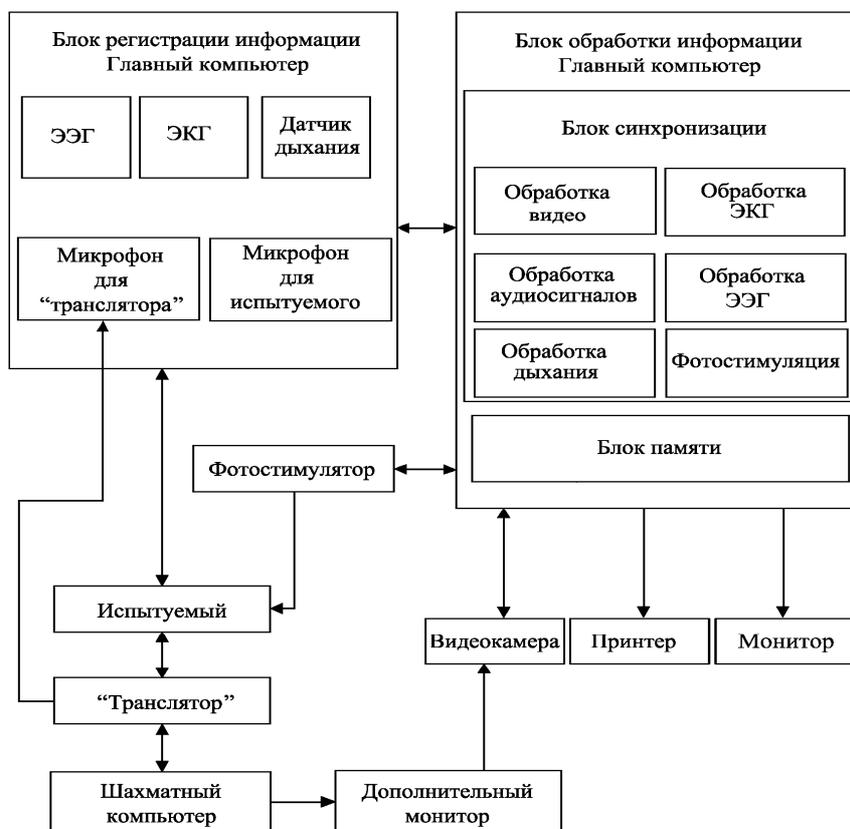
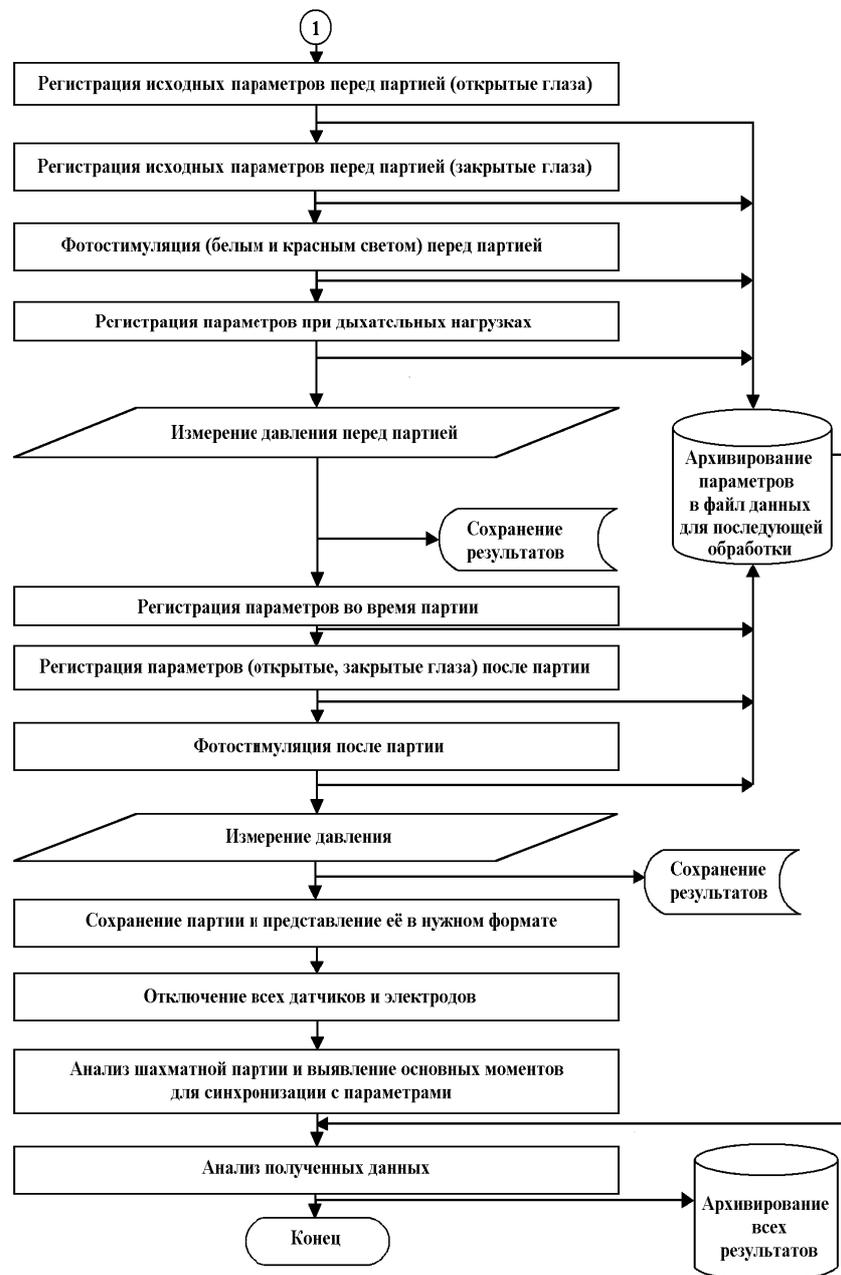


Рис. 1. Структура биотехнической системы

Испытания БТС состояли из трёх этапов. Подготовительный этап:

1. Настройка главного и шахматного компьютеров.
2. Настройка шахматной силы программы Deep Fritz 11. Игра проходит вслепую и необходимо компенсировать время, уходящее на устные сообщения между компьютером и игроком. В настройках предусмотрена возможность добавлять игроку несколько секунд после каждого хода и давать преимущество во времени.
3. Подсоединение к шахматному компьютеру дополнительного монитора для визуализации шахматной партии через видеокамеру для синхронизации позиции и психофизиологических параметров.
4. Регистрация испытуемого (шахматиста).
5. Цветовая диагностика Люшера позволяет измерить стрессоустойчивость и другие характеристики на момент проведения теста.
6. Установка датчиков на испытуемого, проверка качества их установки.
7. Настройка чувствительности и частотных фильтров электроэнцефалографа и полиграфических каналов.
8. Настройка микрофонов игрока и "транслятора".
9. Синхронизация отдельных блоков. Она занимает важное место в данном исследовании. Необходимо представить на мониторе главного компьютера одномоментные показания ЭЭГ, ЭКГ, ПГ, сигналов микрофонов, видеоизображения. При полной синхронизации параметров можно начинать исследование (рис. 2,а).



а

Рис. 2. Блок-схемы проведения испытаний

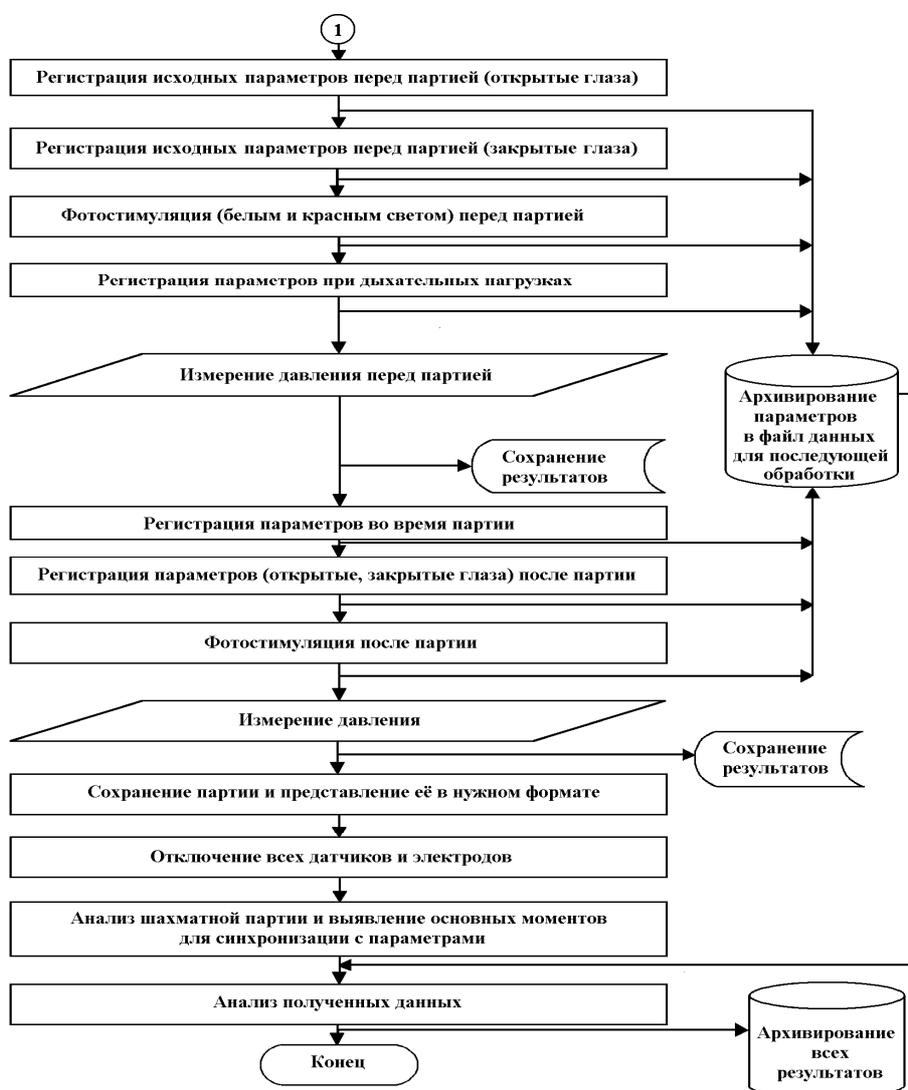
Последовательность действий во время основного этапа – измерений:

1. Регистрация исходных (фоновых) психофизиологических показателей перед партией для их последующего сравнения во время партии, после партии.
2. Измерение артериального давления (АД) перед партией.

3. Регистрация психофизиологических показателей во время партии – самая продолжительная часть исследования.
4. Фоновая запись при открытых и закрытых глазах после игры.
5. Измерение АД после партии.

Последовательность действий на этапе завершения исследования и анализа данных (рис. 2,б):

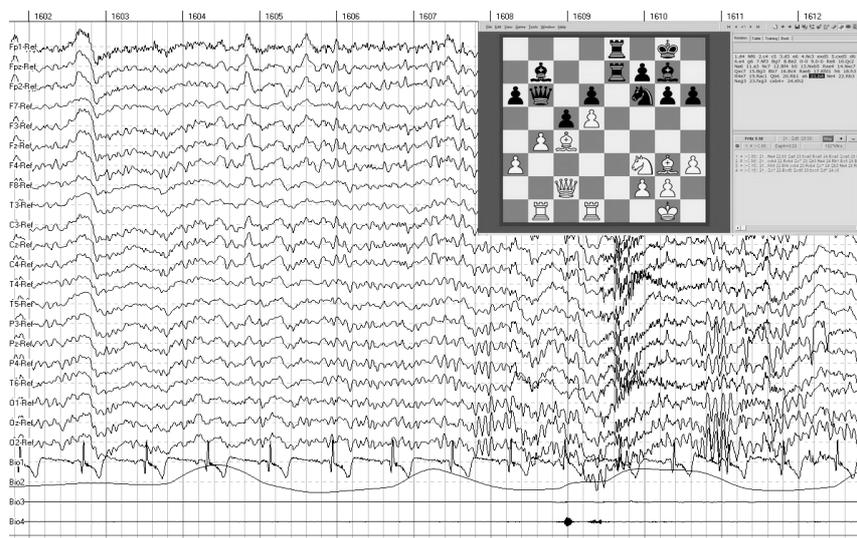
1. Сохранение (архивирование) всех данных, включая шахматную партию и представление её в нужном формате.
2. Анализ шахматной партии и выявление наиболее важных моментов для сопоставления с соответствующими фрагментами комплекса психофизиологических параметров.
3. Обработка полученных данных и заключение по результатам испытаний.



б

Рис. 2. Окончание

На рис. 3 представлен фрагмент записи на мониторе главного компьютера полного комплекса регистрируемых показателей. БТС позволяет анализировать электрокардиосигнал путём построения кардиоритмограмм (КРГ). В анализ входит: построение гистограмм распределения RR-интервалов, скаттерграмм, спектров мощности и вычисление ряда производных параметров.



*Рис. 3. Электроэнцефалограмма мастера ФИДЕ А при принятии решения о 21 ходе белых b4 (1609-я секунда), Bio1 – электрокардиограмма, Bio2 – дыхание, Bio3 – отметка сообщения “транслятора” о ходе программы, Bio4 – отметка сообщения шахматиста о сделанном ходе*

Изменения ЭЭГ во время шахматной партии демонстрирует рис. 4.

Анализ рис. 4 показывает, что спектральная мощность системообразующего альфа-ритма частотой около 9-11 Гц и площадь его распространения в фоне гораздо выше, чем во время принятия решения. Имеет место также рост мощности дельта- и тета-ритмов. И то и другое – свидетельство умственного напряжения.

Разработанная БТС является инструментом для специалистов в области психонейрофизиологии, изучающих механизмы мыслительных процессов. Её использование даёт возможность оценивать состояние шахматиста, его функциональные резервы. Психофизиологические реакции на ошибочные тактические и стратегические решения, цейтнот, просмотры также представляют интерес.

Разработана и реализована структура биотехнической системы для исследований психофизиологических маркеров напряжённой интеллектуальной деятельности. В соответствии с целью решена проблема синхронизации всех этапов и элементов системы – текущая позиция на шахматной доске в любой момент времени соответствует временному срезу психофизиологических параметров.

Научные результаты, полученные на разработанном и испытанном комплексе, могут иметь большое значение для нейрофизиологов, занимающихся изучением нераскрытых психофизиологических механизмов интеллектуальной деятельности, а также для специалистов в области искусственного интеллекта.

Биотехническая система внедрена и используется в исследованиях лаборатории нейробиологии НИИ экспериментальной медицины РАМН и лаборатории стереотаксических методов Института мозга человека им. Н.П. Бехтерева РАН.

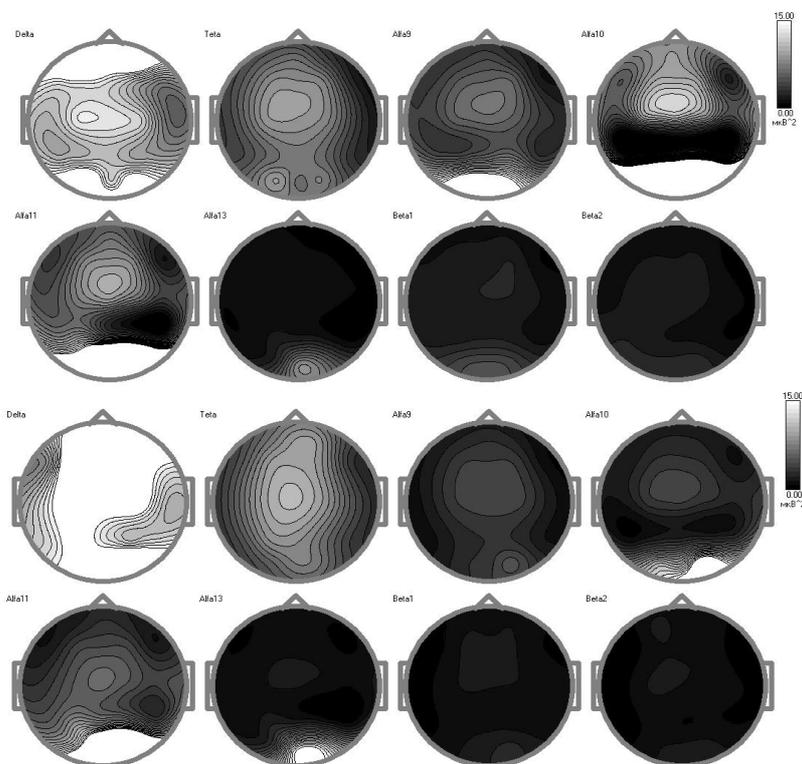


Рис. 4. Топограммы спектров мощности ЭЭГ: сверху – расслабленное бодрствование, глаза закрыты (фон до партии), внизу – принятие решения во время партии – 13-й ход)

Исследования поддержаны грантом научной программы Санкт-Петербургского научного центра РАН за 2009 год «Исследование возможностей психофизиологической поддержки лиц, занятых непрерывной напряжённой интеллектуальной деятельностью – шахматистов высшей квалификации» и выполнялись при содействии шахматной федерации Санкт-Петербурга.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Суворов Н.Б., Мясников А.В., Попечителей Е.П. Аппаратная часть биотехнического комплекса для исследования кардиореспираторного взаимодействия // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ», серия Биотехнические системы в медицине и экологии. – 2004. – №. 2. – С. 38-42.
2. Fritz 11: Обзор – статьи об игре Fritz 11. – <http://gameguru.ru/articles/525/view.html>.

#### **Суворов Николай Борисович**

НИИ экспериментальной медицины РАМН.  
E-mail: nbsuorov@yandex.ru.  
197376, г. Санкт-Петербург, ул. Павлова, 12.  
Тел: 88122340925.

#### **Абрамов Валентин Анатольевич**

Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики.  
E-mail: abrvnlnc@mail.ru.  
197101, г. Санкт-Петербург, пр. Кронверкский, д. 49.  
Тел.: 88122335952.

**Козаченко Александр Викторович**

E-mail: a\_kozachenko@mail.ru.

**Полонский Юрий Зусьевич**

Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой РАН.

E-mail: yzpol@pochta.ru.

197376, г. Санкт-Петербург, ул. акад. Павлова, 12а.

Тел.: 88122349257.

**Suvorov Nikolay Borisovich**

Research Institute for Experimental Medicine RAMS.

E-mail: nbsuvorov@yandex.ru.

12, Pavlov street, Saint-Petersburg, 197376, Russia.

Phone: +78122340925.

**Abramov Valentin Anatolievich**

State University of Information Technology, Mechanics and Optics.

E-mail: abrvalnic@mail.ru.

49, Kronverkskiy Av., Saint-Petersburg, 197101, Russia.

Phone: +78122335952.

**Kozachenko Alexander Victorovich**

E-mail: a\_kozachenko@mail.ru.

**Polonsky Yuriy Zusievich**

Institute of Human Brain named after N.P. Bekhtereva RAS.

E-mail: yzpol@pochta.ru.

12a, acad. Pavlov street, Saint-Petersburg, 197376, Russia.

Phone: +78122349257.

УДК 616.74-009.54

**И.Б. Старченко, Ю.С. Перервенко, О.С. Борисова, Т.В. Момот****МЕТОДЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ ДЛЯ БИОМЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ**

*Рассмотрены примеры анализа биомедицинских сигналов с использованием методов нелинейной динамики. Рассмотрены два вида сигналов: речевой и электроэнцефалографический. Показана возможность использования инвариантов нелинейной динамики в качестве информативных показателей.*

*Нелинейная динамика; биомедицинский сигнал; инвариант.*

**I.B. Starchenko, J.S. Perervenko, O.S. Borisova, T.V. Momot****NONLINEAR DYNAMICS METHODS FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS**

*The examples of analysis of biomedical signals by nonlinear dynamics methods were considered in the article. Two kinds of signals were investigated^ speech signal and EEG. The possibility of application of nonlinear dynamics invariant as informative features was shown.*

*Nonlinear dynamics; biomedical signal; invariant.*

Методы обработки сигналов методами нелинейной динамики нашли свое применение во многих сферах науки и техники. Во многих научных статьях и трудах они используются для анализа временных рядов. В данной работе будет рассмотрено две области приложений нелинейно-динамического анализа в биомедицине: применительно к речевым сигналам и электроэнцефалографическим данным.