

УДК 629.3.072.8:681.5:612.821

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ В БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ИГРОВОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРЕНИНГА

Пятакович Ф.А., Якунченко Т.И., Макконен К.Ф.

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород*

### РЕЗЮМЕ

Цель – разработка мультипараметрических моделей и алгоритмов оптимизации игрового биоуправляемого тренинга. В работе использованы методы системного анализа, моделирования, методы системотехнического анализа и конструирования, математической статистики, методы компьютерного ритмотестирования с помощью датчиков пульса и дыхания.

Разработаны две модели игровой стратегии, одна – с установкой на избегание неудачи и вторая – на достижение успеха. Сформированы алгоритмы успешности и эффективности проведенного биоуправляемого автомобильного тренинга.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** биоуправляемый игровой автомобильный тренинг, модели оптимизации, датчики пульса и дыхания.

### Введение

Необходимость использования различных видов нейробиоуправления в комплексном лечении психосоматических расстройств, болезней регуляции, аддиктивных состояний обусловлена их существенным ростом [13, 14, 16]. Одним из эффективных вариантов биоуправления является игровой тренинг, неотъемлемой частью которого в большинстве случаев является наличие соперника.

Технологии игрового биоуправления могут применяться как самостоятельно, так и в сочетании с другими видами биоуправления [2, 15]. Традиционно игровое биоуправление организовано по какому-либо одному параметру: частоте пульса («Магические кубики», «Автомобильные гонки», «Гребной канал», «Аквалангисты»), или амплитуде бета-ритма электроэнцефалограммы («Выращивание цветов»), или концентрации CO<sub>2</sub> в выдыхаемом воздухе («Марсианские войны») [15]. Неуклонно возрастает количество игр, но проблема оптимизации игрового воздействия остается нерешенной [6]. Немаловажным фактором является и то, что скорость перемещения виртуального игрока в последующем сеансе игрового тренинга зависит от средней частоты пульса, достигнутой в предыдущей попытке. Поэтому с каждым последующим

тренингом достижение успеха становится все более проблематичным в связи с известными физиологическими ограничениями замедления частоты сердечных сокращений [11, 18].

Хронобиологические методы, основанные на мультипараметрической биологической обратной связи, как было установлено российскими учеными, относятся к наиболее корректным способам оптимизации воздействия при помощи любых технологий лечения [4, 6, 7, 9, 10, 19–21]. И, как оказалось, тому причиной является структура многочастотных кодов биоуправления физиологическими процессами [3]. Следовательно, разработка программно-аппаратных способов управления воздействием с использованием мультипараметрической биологической обратной связи относится к актуальным задачам, существенно расширяющим эффективность лечения при помощи компьютерных игровых технологий реабилитации различных заболеваний человека.

Цель исследования – оптимизация управления принятием решения в процессе компьютерной игры посредством направленного использования параметров биологической обратной связи в виде частоты пульса, дыхания и их соотношений.

Задачи исследования:

- разработать структуру информационной системы биоуправляемого игрового тренинга;
- сформировать структуру управляющего алгоритма;

✉ Пятакович Феликс Андреевич, тел. 8-910-322-2124;  
e-mail: piatakovich@mail.ru

– разработать алгоритмы ввода электрофизиологической информации, позволяющие регистрировать, обрабатывать и математически анализировать физиологический сигнал в режиме реального времени;

– сформировать модели игрового сюжета, управляемого физиологическими параметрами пульса, дыхания и их соотношениями.

## Материал и методы

В работе использованы методы системного анализа, моделирования, математической статистики, методы системотехнического анализа и конструирования, методы регистрации и анализа электрофизиологической информации в виде ритмотестирования, реализуемого посредством датчиков пульса и дыхания.

Структурная схема аппаратного комплекса выполнена в модульном варианте и представлена на рис. 1.

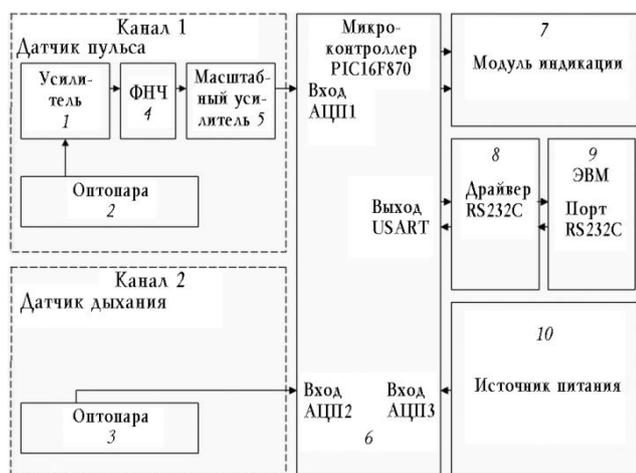


Рис. 1. Структура биоуправляемого автомобильного игрового тренинга

Главным управляющим элементом системы является 8-битный микроконтроллер PIC16F870 6 фирмы Microchip, работающий на частоте 20 МГц, имеющий в своем составе 2 Кбайт памяти программ, 128 байт ОЗУ и 64 байт внутренней EEPROM памяти данных. Для организации связи с внешними устройствами в нем предусмотрен модуль универсального синхронно-асинхронного приемопередатчика USART. Для приема и обработки аналоговых данных в микроконтроллере имеется 5-канальный АЦП. В микроконтроллер на аналоговые входы поступает информация с датчика пульса, датчика дыхания, а также информация о напряжении питания с блока 10, который выполнен в виде сборки из четырех аккумуляторов Varta по 1,2 В.

В датчике пульса сигнал снимается с оптопары 2, усиливается в операционном усилителе 1, в котором

также подавляются синфазные составляющие (помехи), пропускается через фильтр низких частот 4, масштабируется (амплитуда сигнала приводится к 5 В) в масштабном усилителе 5 и подается на аналоговый вход АЦП1 микроконтроллера 6. В датчике дыхания сигнал снимается с оптопары 3 (состоит из расположенных напротив друг друга светодиода и фотодиода) и подается на аналоговый вход АЦП2 микроконтроллера 6. Информация о напряжении питания поступает на аналоговый вход АЦП3 микроконтроллера 6.

Модуль индикации 7 служит для индикации разряда батарей питания, а также наличия сигнала пульса с датчика пульса. С компьютером устройство соединяется по протоколу RS232C. По сигнальным линиям (вход RX и выход TX) приемопередатчика USART микроконтроллер 6 через драйвер RS232C обменивается данными с ЭВМ 9. Работа устройства происходит под управлением программных модулей, часть которых хранится во внутренней энергонезависимой Flash-памяти программ микроконтроллера 6. Структурная схема управляющего алгоритма представлена на рис. 2.

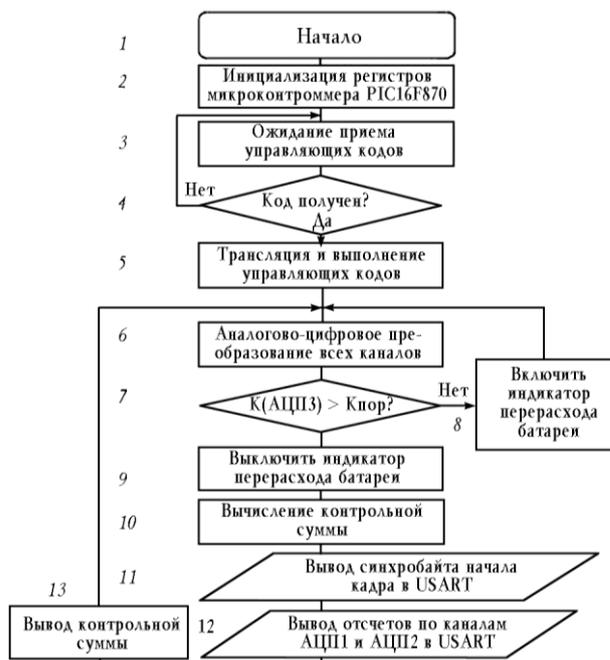


Рис. 2. Алгоритм управления микроконтроллером

В программном модуле (ПМ) 2 происходит инициализация основных регистров микроконтроллера. Эта часть программы отвечает за настройку аппаратно-программных ресурсов микроконтроллера. Далее согласно программе центральное процессорное устройство переходит в режим ожидания приема управляющих кодов и их трансляции (кодов периодичности

оцифровки и запуска устройства – программные модули 3, 4, 5). В ПМ 6 аналоговые сигналы с входов АЦП1, АЦП2, АЦП3 преобразовываются в цифровой вид, в блоках 7, 8 выполняется проверка на разряд батарей питания (в случае если условие выполнено, то включается индикатор разряда и программа не реализуется). Если условие разряда не выполнено, то в модуле 10 вычисляется контрольная сумма, затем последовательно в модулях 11, 12, 13 пакет данных, состоящий из одного синхробайта, двух байтов данных цифрового представления аналога пульса, двух байтов данных цифрового представления аналога дыхания и одного байта контрольной суммы передается по протоколу RS232C в компьютер.

Рассмотренные выше технические решения были защищены патентом РФ № 2349256 от 20 марта 2009 г., 26–29 августа 2009 г. на IX Московском международном салоне инноваций и инвестиций за выставочный экспонат «Компьютерно-биоуправляемый игровой тренажер» авторов Ф.А. Пятаковича, К.Ф. Макконен, А.С. Новоченко были получены диплом и серебряная медаль.

## Результаты и обсуждение

Игровая среда обитания представляет автомобильные дороги, которые проходят внутри кварталов города, а также по пересеченной местности. В игре принимают участие два автомобиля. Первый автомобиль управляется величинами, соответствующими физиологическим параметрам пульса, дыхания и их соотношениям. Вторым автомобилем управляет программа в соответствии с заданными параметрами игры. Игра начинается с совместного старта двух автомобилей в виртуальном городе. Управление автомобилем, т.е. изменение его положения относительно авто противника, осуществляется по специально разработанным алгоритмам, которые в данной статье не рассматриваются.

Управляющим отношением является отношение частоты пульса и частоты дыхания. При удовлетворительном соотношении пульса и дыхания автомобиль пациента выходит на лидирующую позицию. В противном случае ситуация меняется на противоположную. Для сохранения игровой стрессовой ситуации оба автомобиля хорошо видны пациенту, т.е. если пациент проигрывает, то автомобиль противника остается в зоне видимости и наоборот. Критерии успешности и эффективности игрового БОС тренинга, реализующего игровую стратегию с установкой на избегание неудачи, рассмотрены в табл. 1.

Данная стратегия связана с минимизацией затрат, сбережением энергетических ресурсов и коррелирована с замедлением частоты пульса. Для расчета оценки

уровня испытываемого в данный момент времени человеком стресса вычисляется показатель стресса (ПС) по специальной формуле [1]:

$$ПС = m^{1/3} \cdot ТЧСС \cdot \Delta_{арт} \cdot 0,000126,$$

где  $m$  – масса тела;  $\Delta_{арт} = D_{max} - D_{min}$  (разность максимального и минимального АД); ТЧСС – текущая частота сердечных сокращений.

В соответствии с условиями делается заключение об уровне испытываемого сердечно-сосудистой системой стресса:

$$1,0 \leq ПС \leq 1,5 - \text{норма};$$

$1,51 \leq ПС \leq 2$  – умеренный сердечно-сосудистый стресс;

$$ПС > 2 - \text{выраженный (яркий) стресс}.$$

В процессе игры производят вычисления показателя ТЧСС: 60/RR, где RR – межпульсовый интервал.

Вычисление разницы между ТЧСС и должной частотой сердечных сокращений (ДЧСС) позволяет определить направление тренда пульса: норморитмия, тахиритмия, брадиритмия. При этом о тахи- или брадиритмии говорят, если ДЧСС превышает уровень в 5% с положительным или отрицательным знаком. Все показатели рассмотренной формулы вычисляются дважды: в фоновом периоде и после сеанса тренинга. Соотношения пульса и дыхания вычисляются непрерывно в ходе игры. В случае если отношение числа ударов пульса находится в зоне гармонического взаимодействия симпатической и парасимпатической нервной системы (в диапазоне 4,0–5,0 или в зоне преобладающего влияния парасимпатической нервной системы, т.е. в диапазоне  $10 \geq T > 5,0$ ) – включен зеленый индикатор. При отношении больше десяти индикация меняется на желтый свет, а при отношении меньше четырех индикатор приобретает красный свет. При появлении красного света тренирующемуся человеку рекомендуют более медленное и глубокое дыхание до включения зеленого света. При отображении желтого света выполняющему тренинг субъекту рекомендуют поверхностное и частое дыхание до появления на индикаторе зеленого света. Для выполнения рассмотренных выше условий пациенту необходимо как можно дольше поддерживать разность текущей частоты сердечных сокращений и должной частоты сердечных сокращений в зоне колебаний меньше 5% или быть больше 5% с отрицательным знаком. Иначе говоря, пульс должен иметь тренд в направлении норморитмии или брадиритмии. Следовательно, стратегия тренирующегося человека заключается в умении поддерживать в активном состоянии холинергические механизмы регулирования автономной нервной системы.

Критерии успешности и критерии эффективности биоуправляемой игры в виде автомобильных гонок,

реализующих игровую стратегию с установкой на успех, рассмотрены в табл. 2.

Таблица 1

Показатели успешности и эффективности игрового тренинга применительно к стратегии на избегание неудачи					
Соотношение пульса и дыхания	Состояние АНС	Успех игрового тренинга	Показатель стресса	Уровень стресса	Эффект игрового тренинга
$T < 4,0$	Умеренное преобладание СНС	Нет	$1,51 \leq PC \leq 2$	Умеренный стресс	Нет
$T < 3,0$	Выраженное преобладание СНС	Нет	$PC > 2$	Выраженный стресс	Нет
$T = 4,0-5,0$	Равновесие СНС и ПСНС	Да	$1,0 \leq PC \leq 1,5$	Норма	Да
$10 \geq T > 5,0$	Преобладание ПСНС	Да	$1,0 \leq PC \leq 1,5$	Норма	Да

Примечание. АНС – автономная нервная система; СНС – симпатическая нервная система; ПСНС – парасимпатическая нервная система.

Таблица 2

Показатели успешности и эффективности игрового тренинга применительно к стратегии на успех					
Соотношения пульса и дыхания	Состояние АНС	Успех игрового тренинга	Показатель стресса	Уровень стресса	Эффект игрового тренинга
$T < 4,0$	Умеренное преобладание СНС	Да	$1,51 \leq PC \leq 2$	Умеренный стресс	Да
$T < 3,0$	Выраженное преобладание СНС	Нет	$PC > 2$	Выраженный стресс	Нет
$T = 4,0-5,0$	Равновесие СНС и ПСНС	Нет	$1,0 \leq PC \leq 1,5$	Норма	Нет
$10 \geq T > 5,0$	Преобладание ПСНС	Нет	$1,0 \leq PC \leq 1,5$	Норма	Нет

Подобный вид операторской деятельности требует использования психофизиологических ресурсов активации, направленных на прирост частоты сердечных сокращений. Использование стратегии на успех реализуется мобилизацией игрока и связанного с этим положительного приращения частоты сердечных сокращений с последующим возрастанием скорости игрового объекта. При расслабленном состоянии игрока и отрицательном приращении пульса скорость перемещения игрового объекта наименьшая и достижение цели становится проблематичным.

Успешность тренинга обеспечивается только при умеренном преобладании адренергических механизмов регуляции автономной нервной системы, когда может быть реализована самая высокая скорость перемещения объекта, управляемого игроком.

## Заключение

Резюмируя рассмотренные в статье материалы применительно к разным игровым стратегиям, можно сделать следующие выводы:

1. Сеанс игрового тренинга с реализацией стратегии на избегание неудачи считается успешным в том случае, если соотношение пульса и дыхания находится в диапазоне  $10 \geq T \geq 5,0$ . При этом тренд пульса имеет направленность в зону норморитмии или брадиритмии.

2. Курс игрового тренинга с реализацией стратегии на избегание неудачи считается эффективным в том случае, если во время последнего сеанса регистрируются показатели стресса, укладывающиеся в диапазон  $1,0 \leq PC \leq 1,5$ , иначе говоря, в зону нормальных значений.

3. Сеанс игрового тренинга с реализацией на успех считается удачным (успешным) в том случае, если со-

отношение пульса и дыхания  $T < 4,0$ . При этом тренд пульса имеет направленность в зону тахиритмии.

4. Курс игрового тренинга с реализацией стратегии на успех считается эффективным в том случае, если во время последнего сеанса регистрируются показатели, укладывающиеся в зону умеренного стресса ( $1,51 \leq PC \leq 2$ ).

*Работа выполнена при поддержке проектов РНПВШ.2.2.3.3.3301; 2.2.3.3/4307; РНПВШ.2.2.3.3/9477 аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2006–2011 годы)».*

## Литература

1. Шейх-Заде Ю.Р., Скибицкий В.В., Катханов А.М. и др. Альтернативный подход к оценке вариабельности сердечного ритма // Вест. кардиологии. 2001. № 22. С. 49–61.
2. Джафарова О.А., Донская О.Г., Зубков А.А., Штарк М.Б. Игровое биоуправление как технология профилактики стрессозависимых состояний // Биоуправление-4. Теория и практика. Новосибирск, 2002. С. 86–96.
3. Загускин С.Л. Колебания микроструктур и регуляция восстановительных процессов клетки: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1986. 32 с.
4. Макконен К.Ф., Пятакович Ф.А., Новоченко А.С. Игровой модуль с реализацией стратегии, направленной на избегание неудачи // Фундам. исследования. 2007. № 1. С. 70–72.
5. Макконен К.Ф., Пятакович Ф.А. Модели и алгоритмы биоуправления в информационной системе игрового автомобильного тренинга // Системный анализ и управление в биомедицинских системах: журн. практ. и теорет. биологии и медицины. 2008. Т. 7., № 1. С. 177–181.
6. Пат. № 2349256. Биоуправляемый игровой тренажер и способ коррекции функционального состояния человека / Пятакович Ф.А., Макконен К.Ф., Новоченко А.С. Зарегистрированный в государственном реестре Российской Федерации 20 марта 2009 г.
7. Пятакович Ф.А. Основные направления развития биоуправляемых технических средств для цветостимуляции

- и цветотерапии // Труды V Всерос. съезда физиотерапевтов и курортологов и Рос. науч. форума «Физические факторы и здоровье человека». М., 2002. С. 439–445.
8. *Пятакович Ф.А., Макконен К.Ф.* Биоуправляемый индуктор электроэнцефалограммы для лечения синдрома дефицита внимания // *Успехи современного естествознания*. 2006. № 5. С. 55–58.
  9. *Пятакович Ф.А., Макконен К.Ф.* Низкочастотные и высокочастотные модели световых веретен соответствующих паттернам электроэнцефалограммы человека в модуле директивной цветостимуляции // *Соврем. проблемы науки и образования*. 2006. № 3. С. 74–77.
  10. *Рапопорт С.И., Пятакович Ф.А., Загускин С.Л., Якунченко Т.И.* Некоторые теоретические и прикладные аспекты хрономедицины – биоуправляемая терапия / РАМН. РГМА им. И.М. Сеченова; БелГУ; под ред. акад. Ф.И. Комарова. Белгород, 2005. 354 с.
  11. *Суворов Н.Б., Фролова Н.Л.* Биоуправление: ритмы кардиореспираторной системы и ритмы мозга // *Биоуправление-4. Теория и практика*. Новосибирск, 2002. С. 35–44.
  12. *Шварц М.С.* Современные проблемы биоуправления // *Биоуправление-3. Теория и практика*. Новосибирск, 1998. С. 91–102.
  13. *Штарк М.Б.* Заметки о биоуправлении // *Биоуправление-3. Теория и практика*. Новосибирск, 1998. С. 5–13.
  14. *Штарк М.Б., Скок А.Б.* Применение электроэнцефалографического биофидбека в клинической практике // *Биоуправление-3. Теория и практика*. Новосибирск, 1998. С. 130–141.
  15. *Штарк М.Б., Джафарова О.А., Зубков А.А.* Компьютерное игровое биоуправление (семейный и сетевой вариант) // *Материалы 1-го Рос. науч. форума «МедКомТех 2003»*. Москва, ЦЦХ, 25–28 февраля 2003. РАМН «Морраг Экспо». М.: Авиаиздат, 2003. С. 242–245.
  16. *Lubar J.F.* Neocortical dynamics: Implications for understanding the role of neurofeedback and related techniques for the enhancement of attention // *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 1997. V. 22. P. 111–126.
  17. *Makkonen K.F., Pyatakovich F.A.* A model of examination stress for the development of determined colourstimulation oriented on the modification of the functional status of the patients // *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2009. № 2. С. 17–20.
  18. *Miller N.* Biofeedback and Visceral Learning // *Annual Rev. of Psychology*. 1978. 29, 2. P. 374–404.
  19. *Pyatakovich F., Yakountchenko T.* Therapie controle par millimetre // *25-Salon international des invention des techniques et produits nouveaux de Geneve. Catalogue officiel*. Geneve. 11–20 avril. 1997. 162 p.
  20. *Pyatakovich F.A., Varavina L.Yu.* Algorithms of control in the biotechnical ultrasound therapy system // *European Journal of Natural History*. 2006, №4. P. 7–10.
  21. *Pyatakovich F.A., Hashana Y., Makkonen K.F.* Photostimulation biocontrolee // *Academie Russe des sciences medicales, Comission "Chronobiologie et Chronomedicine"*. Univercite d'Etat de Belgorod. Univercite d'Etat de la Manoube. Institut superieur d'education physique Kssarr Said: ISBN 2/36/52/08/61/2, Press Univercitaire de Tunis. ISSEP Science – Tunis, 2007. 104 p.

Поступила в редакцию 22.11.2012 г.

Утверждена к печати 07.12.2012 г.

**Пятакович Феликс Андреевич** (✉) – заслуженный работник ВШ РФ, д-р мед. наук, профессор кафедры пропедевтики внутренних болезней и клинических информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета (г. Белгород).

**Якунченко Татьяна Игоревна** – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой пропедевтики внутренних болезней и клинических информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета (г. Белгород).

**Макконен Кристина Феликсовна** – д-р мед. наук, профессор кафедры внутренних болезней № 1 Белгородского государственного национального исследовательского университета (г. Белгород).

✉ **Пятакович Феликс Андреевич**, тел. 8-910-322-2124; e-mail: piatakovich@mail.ru

## DEVELOPMENT OF THE MODELS TO OPTIMIZATION IN SYSTEM BIOTECHNICAL OF THE PLAYING CAR TRAINING

**Pyatakovich F.A., Yakunchenko T.I., Makkonen K.F.**

*Belgorod State National Exploratory University, Belgorod, Russian Federation*

### ABSTRACT

The Purpose – its were developed multiparametric models and algorithms of the optimization playing training biooperated. In work are used methods of the system analysis, modeling, system technical analysis and constructing, mathematical statistics, methods of the computer analysis heart rate variability by means of sensor of the pulse and breathings.

The Conclusion: its were designed two models of strategy playing, one – with installation on avoid of the failures and the second – on achievement of the success. The algorithms of the success and efficiency were formed for period of the termination of the biooperated play.

**KEY WORDS:** biooperated playing car training; the Models of the optimization; the Sensors of the pulse and breathings.

*Bulletin of Siberian Medicine*, 2013, vol. 12, no. 2, pp. 113–118

#### References

1. Sheikh-Zade Yu.R., Skibitsky V.V., Katkhanov A.M. et al. *Herald of cardiology*, 2001, no. 22, pp. 49–61 (in Russian).
2. Jafarova O.A., Donskaya O.G., Zubkov A.A., Shtark M.B. *Biofeedback-4: Theory and practice*. Novosibirsk, 2002. Pp. 86–96 (in Russian).
3. Zaguskin S.L. *Fluctuations of microstructures and regulation of regenerative processes of the cell*. Author. dis. Dr. biol. sci. Moscow, 1986. 32 p. (in Russian).
4. Makkonen K.F., Pyatakovich F.A., Novochenko A.S. *Fundamental Research*, 2007, no. 1, pp. 70–72 (in Russian).
5. Makkonen K.F., Pyatakovich F.A. // *System Analysis and Management in Biomedical Systems: journal of practical and theoretical biology and medicine*, 2008, vol. 7, no 1, pp. 177–181. (in Russian)
6. Pyatakovich F.A., Makkonen K.F., Novochenko A.S. *Biomanaged game simulator and a method of correction of human functional state*. Patent RF no. 2349256. Registered in the state register of the Russian Federation, March 20, 2009 (in Russian).
7. Pyatakovich F.A. *Proceedings of V all-Russian Congress of physiotherapists and balneologists and Russian Scientific Forum «Physical Factors and Human Health»*. Moscow, 2002. Pp. 439–445 (in Russian).
8. Pyatakovich F.A., Makkonen K.F. // *Successes of Modern Natural Sciences*, 2006, no 5, pp. 55–58. (in Russian)
9. Pyatakovich F.A., Makkonen K.F. // *Modern Problems of Science and Education*, 2006, no 3, pp. 74–77. (in Russian)
10. Rapoport S.I., Pyatakovich F.A., Zaguskin S.L., Yakunchenko T.I. Some theoretical and applied aspects of Chronomedicine – biomanaged therapy». *RAMS. Russian State medical Academy named after I.M. Sechenov; Belgorod State University*; ed. F.I. Komarov. Belgorod, 2005. 354 p. (in Russian).
11. Suvorov N.B., Frolova N.L. // *Biofeedback-4: Theory and practice*. Novosibirsk, 2002. Pp. 35–44. (in Russian)
12. Shvarts M.S. // *Biofeedback-3: Theory and practice*. Novosibirsk, 1998. Pp. 91–102.
13. Shtark M.B. // *Biofeedback-3: Theory and practice*. Novosibirsk, 1998. Pp. 5–13. (in Russian)
14. Shtark M.B., Skok A.B. // *Biofeedback-3: Theory and practice*. Novosibirsk, 1998. Pp. 130–141. (in Russian)
15. Shtark M.B., Jafarova O.A., Zubkov A.A. Computer game biofeedback (family and network version). *Proceedings of the 1<sup>st</sup> Russian Scientific Forum «MedKomTekh 2003»*. Moscow, Aviaizdat Publ., 2003. Pp. 242–245 (in Russian).
16. Lubar J.F. Neocortical dynamics: Implications for understanding the role of neurofeedback and related techniques for the enhancement of attention. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 1997, vol. 22, pp. 111–126.
17. Makkonen K.F., Pyatakovich F.A. A model of examination stress for the development of determined colourstimulation oriented on the modification of the functional status of the patients. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 2009, no.2, pp. 17–20.
18. Miller N. Biofeedback and Visceral Learning. *Annual Rev. of Psychology*, 1978, 29, 2, pp. 374–404.
19. Pyatakovich F., Yakountchenko T. Therapie controle par millimetre. *25-Salon international des invention des techniques et produits nouveaux de Geneve*. Catalogue officiel. Geneve, 11–20 avril, 1997. 162 p.
20. Pyatakovich F.A., Varavina L.Yu. Algorithms of control in the biotechnical ultrasound therapy system. *European Journal of Natural History*, 2006, no. 4, pp. 7–10.
21. Pyatakovich F.A., Hashana Y., Makkonen K.F. Photostimulation biocontrollee. *Academie Russe des sciences medicales, Comission "Chronobiologie et Chronomedicine"*. Univercite d'Etat de Belgorod. Univercite d'Etat de la Manoube. Institut superieur d'education physique Kssarr Said: ISBN 2/36/52/08/61/2, Press Univercitaire de Tunis. ISSEP Science – Tunis, 2007. 104 p.

**Pyatakovich Feliks A.** (✉), Chair Inner Diseases and Clinical Informational Technologies, Belgorod State National Exploratory University, Belgorod, Russian Federation.

**Yakunchenko Tatyana I.**, Chair Inner Diseases and Clinical Informational Technologies, Belgorod state national exploratory university, Belgorod, Russian Federation.

**Makkonen Kristina F.**, Chair Inner Diseases no. 1, Belgorod state national exploratory university, Belgorod, Russian Federation.

✉ **Pyatakovich Felix A.**, Ph. +7-910-322-2124; e-mail: piatakovich@mail.ru