

БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МУЛЬТИПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ИГРОВОГО ТРЕНИНГА, НАПРАВЛЕННАЯ НА МОДИФИКАЦИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Ф.А. ПЯТАКОВИЧ
М.А. СУРУШКИН
Т.И. ЯКУНЧЕНКО
К.Ф. МАККОНЕН

*Белгородский
государственный
национальный
исследовательский
университет*

e-mail: piatakovich@mail.ru

В статье рассмотрены материалы о структуре биотехнической системы игрового тренинга. Система включает датчики пульса и дыхания для ввода электрофизиологической информации, модуль сопряжения и программное средство. В качестве управляющего сигнала использовано отношение частоты пульса к частоте дыхания. Достижение целей игрового сюжета напрямую связано с состоянием релаксации или активации оператора-игрока, отражаемым уровнем отношения пульса и дыхания. Для оптимизации процедуры биоуправления были разработаны модели световых паттернов в виде цветостимулов, воздействующих на субсенсорном уровне за счет управления по скважности.

Ключевые слова: биотехническая система, тренинг, датчики пульса и дыхания, модели оптимизации, паттерн цветостимуляции, мультипараметрический сигнал биоуправления.

Введение. Разработка и реализация игровых биоуправляемых систем в медицинской и образовательной практике позволяет решить ряд задач обучения приемам саморегуляции, избежав дополнительных проблем, связанных с активизацией деятельности пациента, обычно возникающих в процессе тренинга [1, 2, 12].

В интенсивно развивающихся лечебных и реабилитационных игровых технологиях рассматривают системы монопараметрического и мультипараметрического биоуправления [3, 5, 9]. Первые системы не имеют перспективы дальнейшего развития, поскольку, как выяснилось, использование их противоречит фундаментальным принципам хронобиологии о многочастотных кодах биоуправления [7].

Требуем своего решения проблема оптимизации и оценка успешности и эффективности биоуправляемого игрового тренинга [6, 8]. Для этих целей могут быть использованы паттерны цветового импульсного воздействия. Известно, что цветовые импульсы определенного частотного диапазона способствуют активизации парасимпатической, или симпатической нервной системы [4, 7, 10, 11].

Таким образом, актуальной является задача разработки мультипараметрических биоуправляемых игровых систем, основанных на фундаментальных принципах хронобиологии с использованием алгоритмов оптимизации посредством цветовых импульсных сигналов на субсенсорном уровне.

Работа выполнена при поддержке проектов РНПВШ (Развитие научного потенциала высшей школы): 2.2.3.3/3301 (2007-2008 годы); 2.2.3.3/4307 (2009-2010 годы); 2.2.3.3/9477 (2011 год).

Цель и задачи исследования. Цель формулируется, как усиление эффективности биоуправления посредством игрового тренинга, направленного на изменения функционального состояния пациента.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать структуру биотехнической системы, направленную на изменения функционального состояния оператора;
- разработать датчики пульса и дыхания для ввода электрофизиологической информации в режиме реального времени;
- реализовать алгоритмы сопряжения устройств ввода с ЭВМ;
- сформировать мультипараметрические модели управления в виде динамики отношения пульса и дыхания, направленные на изменения степени активности автономной нервной системы;

- создать модели и алгоритмы оптимизации управления игрой посредством субсенсорных сигналов цветостимуляции для режимов активации и умеренной релаксации игрока.

Методы исследования: включают использование системного анализа с декомпозицией целей и функций разрабатываемой системы, моделированием рассматриваемых функциональных состояний и степени активности автономной нервной системы.

Основное содержание работы. Биотехническая система биоправляемого игрового тренинга включает модуль ввода электрофизиологической информации и игровой модуль. Модуль ввода электрофизиологической информации включает два элемента, позволяющие получать и обрабатывать сигналы обратной связи: система датчиков (пульс и дыхание) и схема сопряжения, включающая структуру и алгоритмы протокола передачи и обработки сигнала обратной связи.

Структура системы датчиков представлена на рис. 1.

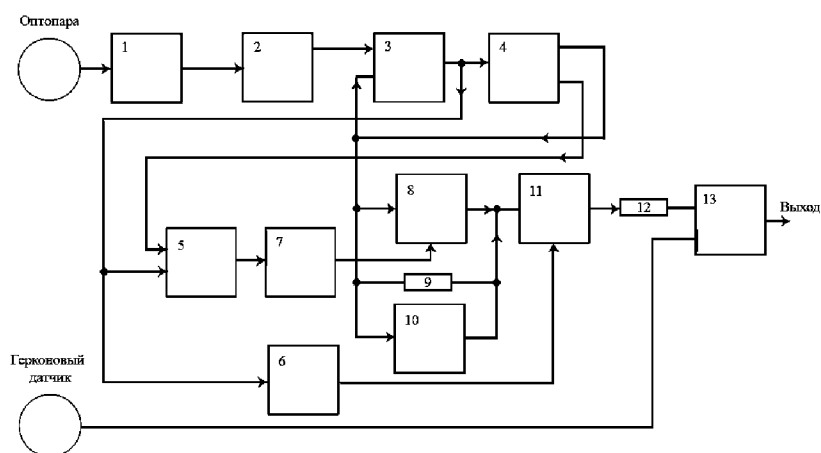


Рис. 1. Структурная схема системы датчиков

- 1 – двухступенный усилитель, 2 – фильтр низких частот, 3 – формирователь импульсов, 4 – одновибратор, 5 – узел совпадения, 6, 7 – инверторы, 8, 11 – управляемые ключи, 9, 12 – элементы хранения, 10 – интегратор, 13 – смеситель

Поскольку для ввода информации о частоте импульсов в компьютер необходимо представить эти сигналы в цифровой форме при помощи специализированных аналогово-цифровых преобразователей, то нами для этих целей использована звуковая карта, которая имеется почти во всех современных системных блоках компьютеров. Кроме того, звуковая карта содержит в себе соответствующие элементы управления, которые обеспечивают процесс передачи аналоговой информации с устройств, подключенных к одному из ее входов (линейному или микрофонному), непосредственно в компьютер. Для занесения в оперативную память, а также обработки этой информации на компьютере, достаточно лишь измерить амплитуду сигнала, передаваемого в виде волновых колебаний на выбранный вход карты, при помощи соответствующих программных средств.

Использование схемы сопряжения обусловлено необходимостью представления выходного сигнала системы датчиков в виде, пригодном для передачи звуковой карте компьютера. С ее помощью происходит уменьшение максимального для входа карты предела уровня (1,25 В), модуляция сигнала в виде волн с частотой 3 Гц (рис. 2), а также выполняется калибровка звуковой карты (установление уровня громкости на микшере линейного входа).

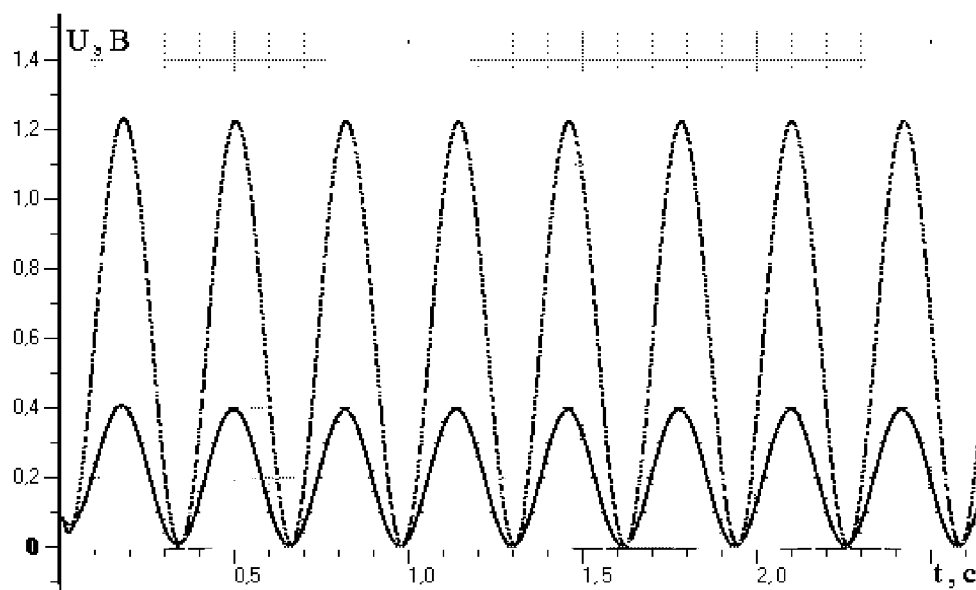


Рис. 2. Схематическое изображение сигнала на выходе схемы сопряжения

..... сигнал на выдохе
— сигнал на вдохе

Управляющая оболочка выполнена в среде разработки Delphi в виде программного модуля. Графика игрового модуля Hopix реализована при помощи свободно распространяемой библиотеки DelphiX 2000.07.17, содержащей набор готовых компонентов и функций технологии DirectX, что позволяет добиться эффекта реального времени при выводе изображений игровой среды и формировании ответной реакции на изменение информации, поступающей с датчиков пульса и дыхания.

Для решения задач биоуправления были разработаны две модели, характеризующие зависимость значений входных параметров игрового блока от показателя, отражающего отношения пульса и дыхания. Первая модель биоуправления имеет стратегию, целью которой является мобилизация резервных возможностей и активизация физиологических процессов организма. В основе второй модели лежит стратегия, направленная на релаксацию (стратегия на избегание неудачи), целевой функцией которой является минимизация энергетических затрат и сохранение ресурсов.

Для модели активации (стратегия на успех) успешным является умеренное преобладание симпатической нервной системы, когда мобилизуются адренергические механизмы регуляции автономной нервной системы. Показатель отношения частоты пульса и дыхания (T) должен лежать в диапазоне от 3,0 до 3,9.

Для модели релаксации целевой функцией является мобилизация холинергических механизмов регуляции (умеренное преобладание парасимпатической нервной системы). Успешность в случае тренинга с использованием модели релаксации заключается в достижении преобладания в регуляции парасимпатической нервной системы. При этом, значение T должно быть не меньше 5,0.

Оптимизация игрового тренинга осуществлена путем использования блока цветостимуляции, включающего модели в виде кодифицированных световых паттернов, содержащих субсенсорные сигналы цветостимуляции. Световые стимулы разработанных моделей реализованы путем управления длительностью импульса и паузы, что позволяет изменять скважность сигнала. Субсенсорный уровень восприятия стимулов достигается за счет увеличения длительности пауз между импульсами.

Модели цветостимуляции имеют те же цели, что и модели биоуправления, и основаны на алгоритмах активации и релаксации. Блок цветостимуляции включает две модели цветового воздействия, основанные на алгоритмах активации и релаксации. Формула модели активации состоит из четырех элементов, сочетающих 744 импульса



красного света в частотном диапазоне альфа- и бета- ритмов. Параметры модели рассмотрены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры модели цветостимуляции, основанной на алгоритме активации

№ элемента	Дл-ть режима (мсек)	Дл-ть импульса (мсек)	Дл-ть паузы (мсек)	Частота (Гц)	Кол-во импульсов	Ритм ЭЭГ
1	2	3	4	5	6	7
I	4000	34	17	19,61	78	β
	1500	17	102	8,4	12	α
	9500	34	68	9,8	93	α
		Σ=15 сек			Σ=183	
II	4300	17	34	19,61	84	β
	1500	34	68	9,8	14	α
	9200	17	85	9,8	90	α
		Σ=15 сек			Σ=188	
III	4800	17	51	14,71	70	β
	1500	17	85	9,8	14	α
	8700	34	51	11,76	102	α
		Σ=15 сек			Σ=186	
IV	4100	17	51	14,71	60	β
	1500	34	51	11,76	17	α
	9400	17	68	11,76	110	α
		Σ=15 сек			Σ=187	

Каждый элемент формулы состоит из трех режимов работы, отличающихся частотными характеристиками и длительностью стимуляции.

Количество импульсов, соответствующих альфа ритму головного мозга, в модели активации в 1,55 раза больше импульсов бета ритма (альфа ритм – 61%, бета ритм – 39%). Однако частота альфа ритма последовательно увеличивается от одного элемента к другому и приближается к частотам бета диапазона, что способствует при реализации модели на практике возникновению активационных процессов в центральной нервной системе.

Модель релаксации включает 504 предъявляемых импульса зеленого света, с частотой, соответствующей альфа- и тета-ритмам электроэнцефалограммы (табл. 2).

Таблица 2

Параметры модели цветостимуляции, основанной на алгоритме релаксации

№ элемента	Дл-ть режима (мсек)	Дл-ть импульса (мсек)	Дл-ть паузы (мсек)	Частота (Гц)	Кол-во импульсов	Ритм ЭЭГ
1	2	3	4	5	6	7
I	5000	17	119	7,35	36	θ
	8000	68	34	9,8	78	α
	2000	17	68	11,76	23	α
		Σ=15 сек			Σ=137	
II	2900	17	153	5,88	17	θ
	2100	17	68	11,76	24	α
	10000	68	34	9,8	98	α
		Σ=15 сек			Σ=139	
III	3200	17	119	7,35	23	θ
	2000	51	51	9,8	19	α
	9800	17	102	8,4	82	α
		Σ=15 сек			Σ=124	
IV	5000	17	221	4,2	21	θ
	900	17	102	8,4	7	α
	9100	34	85	8,4	76	α
		Σ=15 сек			Σ=104	

Как видно из представленной табл. 2, частота альфа- и тета-ритмов от первого к четвертому элементу последовательно уменьшается за счет увеличения периода световых импульсов. Таким образом, происходит навязывание ритмов, способствующих обшей релаксации пациента.

Алгоритм работы блока цветостимуляции предполагает неоднократное предъявление серии стимуляции вплоть до момента окончания тренинга. Управление внутри серии осуществляется посредством биологического таймера, что позволяет осуществлять синхронизацию процесса стимуляции с биологическими ритмами пациента. В качестве параметра для синхронизации был выбран дыхательный ритм. Переход между элементами серии осуществляется после окончания тридцатого дыхательного цикла. Одной серии соответствует 120 дыхательных циклов.

Если принять длительность дыхательного цикла равной четырем секундам, то одна серия занимает около восьми минут. Переход от одной серии к другой осуществляется с двухминутной паузой. Поскольку длительность сеанса тренинга равна тридцати минутам, каждый сеанс сопровождается в среднем тремя сериями стимуляции.

Выводы

1. Разработана структура биотехнической системы игрового тренинга, отличающаяся наличием сигнала биологической обратной связи в виде отношения частоты пульса к частоте дыхания.
2. Создана схема сопряжения, включающая протокол обмена датчиков и ЭВМ.
3. Разработана модель реализующая стратегию активации оператора-игрока посредством увеличения им показателя отношения частоты пульса к частоте дыхания.
4. Сформирована модель реализующая стратегию умеренной релаксации игрока посредством активного уменьшения показателя отношения частоты пульса к частоте дыхания.
5. Реализованы алгоритмы оптимизации управления игрой посредством субсенсорных сигналов цветостимуляции для режимов активации и умеренной релаксации оператора-игрока.

Литература

1. Вангевич, О. А. Игровое биоуправление и стресс-зависимые состояния / О. А. Вангевич, О. Г. Донская, А. А. Зубков, М. Б. Штарк // Бюллетень СО РАМН. – 2004. – №3 (113). – С. 53-60.
2. Джафарова, О. А. Игровое биоуправление как технология профилактики стресс-зависимых состояний/О.А.Джафарова,О.Г.Донская,А. А. Зубков, М. Б. Штарк // Биоуправление-4. Теория и практика. – Новосибирск, 2002. – С. 86-96.
3. Лазарева, О. Ю. Игровое компьютерное биоуправление в школе. Опыт практического применения / О. Ю. Лазарева, О. А. Джафарова, О. Л. Гребнев // Бюллетень СО РАМН. – 2004. – №3 (113). – С. 69-71.
4. Лугова, А. М. Визуальная цветостимуляция (цветоимпульсная рефлексотерапия) в схемах, рисунках и таблицах: учебно-методическое пособие / А. М. Лугова. – М.: ЭКОН, 1999. – 105 с.
5. Макконен, К. Ф. Игровой модуль с реализацией стратегии, направленной на избегание неудачи/К.Ф.Макконен,Ф.А.Пятакович,А. С. Новоченко // Фундаментальные исследования. – 2007. – №1. – С. 70-72.
6. Макконен К.Ф. Результаты клинической оценки успешности и эффективности альфа-тренинга по структуре межволновых взаимодействий и на основе информационного анализа./ К.Ф. Макконен, Ф.А. Пятакович // Научные ведомости БелГУ. Серия Медицина и Фармация. – 2010. – №10 (81), вып. 10. – С.73-79.
7. Пятакович, Ф. А. Биоуправляемая хронофизиотерапия: учебное пособие / Ф. А. Пятакович, С. Л. Загускин, Т. И. Якунченко. – Белгород: Изд-во Белгор. гос. ун-та, 2002. – 98 с.
8. Пятакович, Ф.А. Оценка клинической эффективности биоуправляемого игрового тренинга при помощи таблиц принятия решений./ Ф.А. Пятакович, Т.И. Якунченко // Системный анализ и управление в биомедицинских системах: журнал практической и теоретической биологии и медицины. – М., 2010. – Т.9. – №1. – С.83-86.
9. Пятакович, Ф. А. Биоуправляемая игровая система, реализующая автомобильные гонки на основе мультипараметрической обратной связи / Ф. А. Пятакович, К. Ф. Макконен, А. С. Новоченко // Аллергология и иммунология. – 2007. – Т. 8. – №3. – С. 328.

10. Пятакович, Ф.А. Разработка оптимизационных моделей для мультипараметрического биоуправляемого игрового тренинга./ Ф.А. Пятакович, М.А. Сурушкин // Успехи современного естествознания. – 2010. – №12. – С. 81-85.

11. Сурушкин, М.А. Разработка структуры блока цветостимуляции для биоуправляемого игрового модуля «Ксоникс» / М.А. Сурушкин, Ф.А. Пятакович, Т.И. Якунченко // Международный журнал экспериментального образования. – 2010. – № 5. – С.21-23.

12. Хаймович, Е. В. Игровое нейробиоуправление при синдроме дефицита внимания / Е. В. Хаймович, А. Б. Скок, О. С. Шубина // Бюллетень СО РАМН. – 2004. – №3 (113). – С. 81-84.

BIOTECHNICAL SYSTEM MULTIPARAMETRIC PLAYING TRAINING, DIRECTED ON MODIFICATION OF THE FUNCTIONAL CONDITION OF THE PERSON

**F.A. PYATAKOVICH
M.A. SURUSHKIN
T.I. YAKUNCHENKO
K.F. MAKONEN**

*Belgorod National
Research University*

e-mail: piatakovich@mail.ru

Material are considered In article about system biotechnical structure of the playing training. The System includes the sensors of the pulse and breathing for entering electrophysiological to information, module of the interfacing and software program. As controlling signal is used attitude of the frequency of the pulse to frequency of the breathing. The achievement integer playing plot is stright connected with condition of the relaxation or activation of the operator-player, reflected level relations pulse and breathing. For optimization of the procedure biocontrol were designed models light pattern in the manner of impulse colourstimulation, acting upon subsensitive level to account of management on porosity.

Key words: biotechnical system, training, sensor of the pulse and breathing, models to optimization, pattern colourstimulation, multiparametric signal biocontrol.