

III. МАТЕМАТИКА В ОПИСАНИИ ХАОСА И СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

10.12737/article_5c2201898b7530.36286316

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗУЧЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭВРИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОЗГА

В.Ф. ПЯТИН¹, В.А. ГАЛКИН², В.В. ЕСЬКОВ², Л.К. ИЛЯШЕНКО³

¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России,
ул. Гагарина, 18, Самара, Россия, 443079

²БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400,
e-mail: firing.squad@mail.ru

³ФГБОУ ВПО «Тюменский индустриальный университет». Филиал ТИУ в г. Сургуте, ул.
Энтузиастов, 38, Сургут, Россия, 628404

Аннотация. В настоящее время имеется огромный список работ, в которых представлены попытки описания и моделирования механизмов и принципов эвристической деятельности мозга. Однако, все они не включают ряд базовых принципов работы нейросетей мозга в режиме эвристики. Существующие физические (и компьютерные) модели работы мозга в виде *нейро-ЭВМ* (НЭВМ) или нейроэмуляторов не используют два фундаментальных принципа работы мозга: многократные реверберации в нейросетях (итерации в НЭВМ) и принцип «встряхивания» (о нем писал еще академики АН СССР А.Н. Тихонов и А.А. Самарский в 20-м веке). В работе показывается их реальная (физическая) реализация на базе нейроэмуляторов, которые тогда обеспечивают системный анализ (идентификацию параметров порядка – главных диагностических признаков x_i^* в биомедицине). Доказана низкая эффективность любых статистических методов в системном синтезе, как модели эвристической деятельности мозга.

Ключевые слова: хаос, стохастика, нейросети мозга, нейроэмулятор.

PHYSICAL BASES OF THE STUDY AND MODELING OF THE BRAIN HEURISTIC ACTIVITY

V.F. PYATIN¹, V.A. GALKIN², V.V. ESKOV², L.K. ILYASHENKO³

¹Samara State Medical University of the Health Ministry, Gagarina st., 18, Samara, Russia, 443079

²Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, Russia, 628400, e-mail: firing.squad@mail.ru

³Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Industrial University of
Tyumen». IUT Surgut Branch. Entuziastov st., 38, Surgut, Russia, 628404

Abstract. Currently, there is a huge list of works, which presents attempts to describe and model the mechanisms and principles of heuristic activity of brain. However, all of them do not include a number of basic principles of brain neural networks in heuristics. Existing physical (and computer) models of the brain in the form of neuro-computers (neurocomputer) or neuroemulators do not use two fundamental principles of brain: multiple reverberations in neural networks (iterations in neurocomputer) and principle of "shaking" (it was written by Tikhonov and Samarskii in the 20th century). Their real (physical) realization on the basis of neuroemulators which then provide the system analysis (identification of parameters of the order – the main diagnostic signs x_i^* in biomedicine) has been showed in work. The low efficiency of any statistical methods in system synthesis as a model of heuristic activity of the brain has been proved.

Key words: chaos, stochastics, brain neural networks, neuro emulator.

Введение. На современном этапе развития физико-математических наук и их использования в биологии, медицине, психологии, экологии и др. «нечетких»

науках (про которые Э. Резерфорд говорил, что «есть физика и собирание марок», а В.И. Арнольд добавлял, что есть физика и математика с одной стороны и «вязание и

кашеварение» с другой). Оба этих выдающихся ученых были правы по отношению к биологии, медицине психологии, экологии и др. «нечетким» наукам. Мы сейчас в рамках новой *теории хаоса-самоорганизации* (ТХС) говорим почему они были правы (вместе с тысячами других скептиков от физиков и математиков) в отношении феноменологические наук (и системных наук о гомеостатических системах, как мы сейчас говорим об экологических, физиологических и др. биомедицинских системах) [1-8].

Полная правота Э. Резерфорда и В.И. Арнольда сейчас нами доказана в виде *эффекта Еськова-Зинченко* (ЭЭЗ) [2-8], в котором представлено отсутствие статистической устойчивости для подряд полученных выборок x_i – компонент вектора состояния $x=x(t)=(x_1, x_2...x_m)^T$ любой гомеостатической системы или *системы третьего типа* – СТТ по W.Weaver [31]. Это означает, что для любых j -й и $j+1$ -й выборок x_i , описывающих динамику поведения СТТ (*complexity* по I.R.Prigogine [30] или эмерджентных систем по J.A.Wheeler [32]), мы не можем произвольно получить их статистические совпадения (отнесения этих двух выборок x_i к одной генеральной совокупности). Такие две соседние выборки x_i , полученные от одной системы (например, организма одного человека), могут статистически совпадать с вероятностью $p \leq 0,05$ ($f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$ с $p \geq 0,95$). Это конкретная (малая) величина в статистике и ЭЭЗ полностью подрывает возможности дальнейшего использования статистики в биологии, медицине, психологии, экологии и т.д. [10-13,18-26].

Если статистика не работает в описании и моделировании СТТ-*complexity* (или *гомеостатических систем* – ГС в нашей интерпретации), то тогда какие физические и математические модели следует применять в изучении и описании нейросетей мозга, например, или любых других биосистем (СТТ-*complexity*)? Ответы на эти и им подобные вопросы (как современные физика и математика могут описывать гомеостатические системы?) мы

и представляем в настоящем сообщении на примере моделей гомеостатического мозга, динамики поведения его *нейросетей (мозга)* – НСМ.

1. Особенности динамики гомеостатического мозга. Для любого нейрокибернетика, физиолога или специалиста по изучению нейросетей мозга всегда очевидно, что сознание, *центральная нервная система* (ЦНС) должны оказывать управляющее действие на организацию движений. Более того, в 1947 г. Н.А. Бернштейн [9] указывал на наличие в организме как минимум пяти систем управления (организации), начиная с древней системы (включающий руброспинальный комплекс) и заканчивая тремя последними (С, D, E), которые происходят на уровне *высшей нервной деятельности* (ВНД) и включают высшие отделы ЦНС.

Очевидно, что ВНД, сознание должны обеспечивать строгий контроль движений и на этой основе возникает иллюзия о существенных различиях между произвольными движениями (у нас это теппинг - периодические движения пальца испытуемым) и непроизвольными движениями (у нас это постуральный тремор – непериодические движения пальца, в нашем случае по отношению к датчику перемещения). Различия в организации произвольных (теппинг) и непроизвольных (тремор) движений для физиолога и психолога существенные. Иными словами, специалисты в области изучения мозга точно расскажут, чем произвольные движения отличаются от непроизвольных [3,24-28].

Механизмы тремора и теппинга разные с позиций организации движений, но имеются ли различия в итоговых движениях (результатах): имеются ли различия между *треморограммой* (ТМГ) и *теппинграммой* (ТПГ) с точки зрения физика? Действительно, в своих многочисленных опытах мы убедительно доказали определенную общность этих двух типов движений. Эта общность проявляется в анализе выборок x_i (положение пальца в пространстве по отношению к датчику движения), их

спектральных плотностей сигнала (СПП), их автокорреляции - $A(t)$ и т.д. С физической точки зрения выборки x_i для ТМГ и ТПГ не демонстрируют существенных отличий. Но и наоборот, с позиций физики мы видим большое сходство между произвольными движениями и произвольными [23-28,34].

Действительно, физически и тремор, и теппинг демонстрируют существенное сходство, которое проявляется в наличии хаоса выборок x_i , их СПС и $A(t)$. Статистическая неустойчивость выборок x_i , полученных от одного испытуемого в неизменном гомеостазе подводит нас к необходимости переосмысления базовых принципов в биомеханике и физиологии (с медициной) в целом. Сейчас мы говорим о том, что любая выборка x_i уникальна, ее невозможно произвольно повторить. Для любых j -й и $j+1$ -й выборок ТМГ или ТПГ мы не можем получить их статистические совпадения. Их невозможно относить к одной генеральной совокупности, их статистические функции $f(x_i)$ не совпадают, вероятность p такого совпадения, т.е. что бы $f_j(x_i)=f_{j+1}(x_i)$, крайне мала, $p \leq 0,05$.

Мы в любых исследованиях с ТМГ или ТПГ получаем статистический хаос x_i , их $f(x_i)$, СПС, $A(t)$. Невозможно два раза подряд произвольно повторить две выборки ТМГ и ТПГ и это означает окончание применения статистики в биомеханике, физиологии и науках о мозге. Последнее имеет место, т.к. мы сейчас доказываем сходство хаоса ТМГ и ТПГ, т.е. произвольных и произвольных движений. Существенно, что это не детерминированный хаос Лоренца, это хаос гомеостатических систем, СТТ-*complexity* и этот хаос начинается с хаоса НСМ, с хаоса электроэнцефалограмм испытуемого.

2. Существует ли различие между тремором и теппингом? Для иллюстрации этого высказывания представим два характерных примера парного сравнения ТМГ (табл.1.) и *теппинграмм* (ТПГ), когда испытуемый сознательно совершает колебательные движения конечности (пальца) и регистрируется по 5 сек. Выборки ТПГ (и аналогично, 5 сек, выборка ТМГ) представлены в виде

наборов $x_i(t)$ – положение (координаты) пальца по отношению к датчику перемещения (см. рис.1). Дискретно (шаг дискретизации $\tau=10$ мсек, выборка записывается в файл, в ЭВМ) это все повторяется: 15 раз регистрация ТМГ и ТПГ у одного и того же испытуемого в неизменном гомеостазе в виде 500 точек. Полученные 15 выборок ТМГ (см. табл. 1) или ТПГ (см. табл. 2) попарно сравнивают статистически. Критерий Вилкоксона $p \geq 0,05$ показывает статистическое совпадение этих двух выборок ТМГ или ТПГ (в табл. 1 и табл. 2 соответственно). Эти две таблицы позволяют рассчитать долю стохастики в общей динамике ТМГ или ТПГ (по числу k пар совпадений выборок ТМГ или ТПГ). Она (доля стохастики) крайне мала, в табл. 1 $k_1=5$, а в табл. 2 $k_2=9$ для ТПГ у одного и того же испытуемого (в неизменном гомеостазе).

Таким образом, доля стохастики для тремора $k \leq 5$, а для ТПГ $k \leq 18$ (во всех наших исследованиях с ТМГ и ТПГ, где строились более 1000 таблиц похожих на табл. 1 и 2). Для физиологов и психологов это огромный удар, т.к. они всегда считали, что произвольные движения в биомеханике и физиологии движений можно описывать статистически. Сейчас мы доказываем, что существенных различий между произвольными движениями и произвольными не существует. Везде царит хаос статистических функций, $f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$, стохастика в физиологии движений занимает менее 20%. Остальное статистически все не повторяется. Это мы сейчас классифицируем как неопределенность 2-го типа, и она касается не только ТМГ, ТПГ, но и *электромиограмм* – ЭМГ (в неизменном гомеостазе), *электронейрограмм* – ЭНГ и даже электроэнцефалограмм – ЭЭГ, а также их *спектральных плотностей сигнала* (СПС), *автокорреляции* - $A(t)$ и др. статистических характеристик. Все статистически нельзя повторить произвольно и наступает эпоха конца стохастики в физиологии, биологии, медицине и психологии. Вырисовывается начало эры неопределенности 2-го типа [1-9,12-19], когда гомеостатические системы

можно моделировать только в рамках компартментно-кластерного подхода (ККП) [12-17].

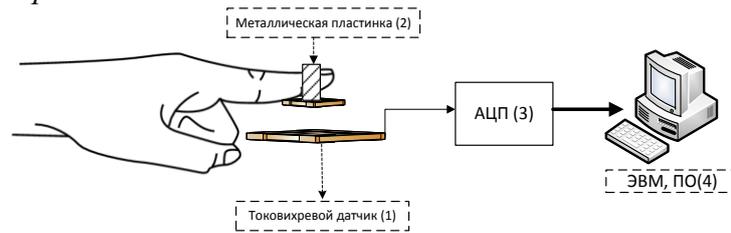


Рис.1. Схема биоизмерительного комплекса регистрации тремора и теппинга

Таблица 1

Непараметрические критерии Вилкоксона (*Wilcoxon Signed Ranks Test*) p для попарных сравнений 15-ти выборок параметров ТМГ испытуемого (число повторов $N=15$), число совпадений $k_1=5$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00		0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.56	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56		0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.41
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	

Таблица 2

Непараметрические критерии Вилкоксона (*Wilcoxon Signed Ranks Test*) p для попарных сравнений 15-ти выборок параметров ТПГ испытуемого (число повторов $N=15$), число совпадений $k_2=9$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00
2	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.98	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.66		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.13	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
13	0.31	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00		0.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

*Примечание: p – достигнутый уровень значимости (критическим уровнем принят $p<0,05$)

По аналогии с принципом неопределенности Гейзенберга мы в ТХС вводим особую неопределенность 2-го типа не только на сопряжённые величины (в наших примерах ТМГ и ТПГ это Δx_1 –

координата пальца и $x_2=dx_1/dt$, т.е. $\Delta x_1 \times \Delta x_2 \geq Z_{min}$). В общем случае из неравенства Гейзенберга мы переходим к системе неравенств: $Z_{max} \geq \Delta x_1 \times \Delta x_2 \geq Z_{min}$, где Z_{min} и Z_{max} обозначаются как площади

квазиаттракторов (КА). Эти КА отличаются от КА в теории динамического хаоса Лоренца, т.к. они не могут быть произвольно повторены человеком. Более того, при изменении гомеостаза эти КА меняются вполне закономерным образом. Например, для табл. 1 и табл. 2 для ТМГ и для ТПГ $КА_1 \ll КА_2$ (квазиаттракторы $КА_1$ тремора всегда меньше $КА_2$ – квазиаттракторов теппинга). Отметим, что хаос ТМГ и ТПГ начинается с хаоса электроэнцефалограмм (ЭЭГ), где мозг генерирует непрерывно хаотические выборки ЭЭГ (и задает хаос на периферии).

Одновременно с неопределенностью 2-го типа в изучении движений (и других систем регуляции гомеостаза) следует отметить и неопределенность 1-го типа, когда статистические функции совпадают, но биосистема находится в двух разных гомеостазах H_1 и H_2 ($H_1 \neq H_2$, но $f_1(x_1) = f_2(x_1)$). Неопределенности 1-го и 2-го типов составляют базу отличий *СТТ-complexity* (гомеостатических систем) от традиционных физических, химических и технических систем. Все такие ДСН – системы могут повторять свое начальное состояние $x(t_0)$, но СТТ этого демонстрировать не могут, т.к. они непрерывно демонстрируют не только $dx/dt \neq 0$ и $x_i(t) \neq const$, но и отсутствие статистической устойчивости, когда $f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$ с вероятностью $p \geq 0,95$. Источником хаоса является мозг, а его модели в виде нейроэмуляторов (НЭВМ) могут обеспечить раскрытие неопределенности 1-го типа (НЭВМ демонстрирует в этом случае эвристическую работу мозга).

В рамках новой теории хаоса-самоорганизации мы доказываем, что хаос *СТТ-complexity* не является динамическим хаосом Лоренца. Все процессы в физиологии и психологии происходят в рамках хаоса статистических функций распределения выборок x_i . Очевидно, что сознание (НСМ) не может существенно повлиять на этот хаос (сравните ТМГ – табл. 1 и ТМГ – табл. 2), что и доказывается хаосом ЭЭГ [24-28]. В режиме эвристики нейросети мозга (НСМ) многократно ревербируют, но эта

реверберация происходит в режиме хаоса («повторения без повторений» по Н.А. Бернштейну [9]).

Выводы

1. С позиций новой теории хаоса-самоорганизации выполнено сравнение произвольных движений (тремора – ТМГ) и произвольных движений (ТПГ). Очевидно, что для ТПГ характерно влияние сознания, ЦНС и ВНД. Это влияние сказывается в виде различий между k_1 (для ТМГ) и k_2 (для ТПГ). Однако, это влияние хаотично, т.к. хаос генерируют выборки ЭЭГ в режиме n кратных повторений регистрации.

2. Показано, что несмотря на роль сознания в организации теппинга, доля стохастики (в виде k_2) остается крайне незначительной. Из табл. 1 и 2 следует, что $k_2 > k_1$, но доля стохастики в организации теппинга остается ничтожной. Сознание не может преодолеть барьер (для стохастики) даже в 50% ($k_2 < 20\%$). Это означает, что хаос превалирует над стохастикой. Роль сознания просматривается, но все-таки ТПГ – это хаотический процесс, как и ЭЭГ.

3. Возникает принципиальная проблема описания любых движений с позиций стохастики. Сейчас мы доказываем, что выборки ТМГ и ТПГ неоднородны и даже сознание не может увеличить долю стохастики до традиционных $P \geq 0,95$. Какова тогда роль доказательной медицины, если подряд полученные выборки ТМГ и ТПГ статистически не однородны. Без однородности выборок статистика не работает, т.к. мы имеем дело тогда с уникальными процессами в регуляции движений. Эта уникальность начинается с ЭЭГ, и она хорошо моделируется с помощью нейроэмулятора (НЭВМ).

Литература

1. Еськов В.В., Белощенко Д.В., Баженова А.Е., Живаева Н.В. Влияние локального холодового воздействия на параметры электромиограмм у женщин //

Экология человека. – 2018. – № 9. – С. 42-47.

2. Еськов В.В. Проблема статистической неустойчивости в биомеханике и в биофизике в целом // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25. – № 2. – С. 166-175.

3. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Ключ Л.Г., Миллер А.В. Гомеостатичность нейросетей мозга // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25. – № 1. – С. 102-113.

4. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатова О.Е., Еськов В.В. Гипотеза Н.А. Бернштейна и реальный хаос гомеостатических систем в психологии // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. – 2017. – № 3. – С. 22-38.

5. Еськов В.М., Белощенко Д.В., Башкатова Ю.В., Иляшенко Л.К. Параметры кардиоинтервалов испытуемых в условиях гипотермии // Экология человека. – 2018. – № 10. – С. 39-45.

6. Пятин В.Ф., Еськов В.В., Алиев Н.Ш., Воробьева Л.А. Хаос параметров гомеостаза функциональных систем организма человека // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25. – № 1. – С. 143-153.

7. Мирошниченко И.В., Прохоров С.В., Эльман К.А., Срыбник М.А. Сравнительный анализ хаотической динамики показателей сердечно-сосудистой системы пришлого детско-юношеского населения Югры // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25. – № 1. – С. 154-160.

8. Мирошниченко И.В., Башкатова Ю.В., Филатова Д.Ю., Ураева Я.И. Эффект Еськова-Филатовой в регуляции сердечно-сосудистой системы – переход к персонафицированной медицине // Вестник новых медицинских технологий. – 2018. – Т. 25. – № 2. – С. 200-208.

9. Bernshtein N.A. The co-ordination and regulation of movements // Oxford: New York, Pergamon Press. 1967.

10. Eskov V.V., Filatova O.E., Gavrilenko T.V. and Gorbunov D.V. Chaotic Dynamics of Neuromuscular System Parameters and the Problems of the Evolution of Complexity //

Biophysics. – 2017. – Vol. 62. – No. 6. – Pp. 961-966.

11. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., Vochmina Yu.V. Static Instability Phenomenon in Type-Three Secretion Systems: Complexity // Technical Physics. – 2017. – Vol. 62. – No. 11. – Pp. 1611-1616.

12. Eskov V. M. Cyclic respiratory neuron network with subcycles // Neural Network World. – 1994. – Vol. 4. – No. 4. – Pp. 403-416.

13. Eskov V.M., Filatova O.E., Ivashenko V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement Techniques. – 1994. – Vol. 37. – No. 8. – Pp. 967-971.

14. Eskov V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // Modelling, Measurement and Control C. – 1995. – Vol. 48. – No. (1-2). – Pp. 47-63.

15. Eskov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: The importance of inhibition // Neurophysiology. – 1995. – Vol. 25. – No. 6. – Pp. 348-353.

16. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. – 1996. – Vol. 11. – No. (2-4). – Pp. 203-226.

17. Eskov V.M., Filatova O.E. A compartmental approach in modeling a neuronal network. Role of inhibitory and excitatory processes // Biofizika. – 1999. – Vol. 44. – No. 3. – Pp. 518-525.

18. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E., Khadartsev A.A., Sinenko D.V. Neurocomputational identification of order parameters in gerontology // Advances in Gerontology. – 2016. – Vol. 6. – No. 1. – Pp. 24-28.

19. Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Vochmina J.V. Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra // Advances in Gerontology. – 2016. – Vol. 6. – No. 3. – Pp. 191-197.

20. Eskov V.M., Filatova O.E., Eskov V.V. and Gavrilenko T.V. The Evolution of the Idea of Homeostasis: Determinism, Stochastics and Chaos–Self-Organization // Biophysics. – 2017. – Vol. 62. – No. 5. – Pp. 809-820.

21. Eskov V.M., Gudkov A.B., Bazhenova A.E., Kozupitsa G.S. The tremor parameters of female with different physical training in the Russian North // *Human Ecology*. – 2017. – No. 3. – Pp. 38-42.

22. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V. and Vochmina Yu.V. Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” Discovered by N.A. Bernshtein // *Biophysics*. – 2017. – Vol. 62. – No. 1. – Pp. 143-150.

23. Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina Y.V., Gorbunov D.V., Ilyashenko L.K. Shannon entropy in the research on stationary regimes and the evolution of complexity // *Moscow University Physics Bulletin*. – 2017. – Vol. 72. – No. 3. – Pp. 309-317.

24. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Vochmina U.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. N.A. Bernstein hypothesis in the Description of chaotic dynamics of involuntary movements of person // *Russian Journal of Biomechanics*. – 2017. – Vol. 21. – No. 1. – Pp. 14-23.

25. Filatova D.U., Veraksa A.N., Berestin D.K., Streltsova T.V. Stochastic and chaotic assessment of human's neuromuscular system in conditions of cold exposure // *Human Ecology*. – 2017. – No. 8. – Pp. 15-20.

26. Filatova O.E., Eskov V.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements // *Russian Journal of Biomechanics*. – 2017. – Vol. 21. – No. 3. – Pp. 224-232.

27. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Estimation of the Parameters for Tremograms According to the Eskov–Zinchenko Effect *Biophysics* // *Biophysics*. – 2018. – Vol. 63. – No. 2. – Pp. 125–130.

28. Ilyashenko L.K., Bazhenova A.E., Berestin D.K., Grigorieva S.V. Chaotic dynamics parameters of the tremograms at the stress exposure // *Russian Journal of Biomechanics*. – 2018. – Vol. 22. – No. 1. – Pp. 62-71.

29. Leonov B.I., Grigorenko V.V., Eskov V.M., Khadartsev A.A., and Ilyashenko L.K. Automation of the Diagnosis of Age-Related Changes in Parameters of the Cardiovascular System // *Biomedical Engineering*. – 2018. – Vol. 52. – No. 3. – Pp. 210-214.

30. Prigogine I. R. *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature*; Free Press. 1997.

31. Weaver W. *Science and Complexity* // *American Scientist*. – 1948. – Pp. 536-544.

32. Wheeler J.A. *Information, physics, quantum: the search for links*. In Feynman and *Computation: Exploring the Limits of Computers*, ed A.J.G. Hey; Cambridge, MA, Perseus Books. – 1999. p. 309.

33. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V. and Eskov V.M. Experimental Study of Statistical Stability of Cardiointerval Samples // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2017. – Vol. 164. – No. 2. – Pp. 115-117.

34. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Ilyashenko L.K., Eskov V.V., Minenko I.A. Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2018. – Vol. 165. – No. 4. – Pp. 415-418.

References

1. Es'kov V.V., Beloshchenko D.V., Bazhenova A.E., Zhivaeva N.V. Vliyanie lokal'nogo holodovogo vozdejstviya na parametry ehlektromiogramm u zhenshchin [The influence of local cold effects on electromyogram parameters in women] // *Ehkologiya cheloveka* [Human Ecology]. – 2018. – № 9. – S. 42-47.

2. Es'kov V.V. Problema statisticheskoy neustojchivosti v biomekhanike i v biofizike v celom [The problem of statistical instability in biomechanics and biophysics in general] // *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij* [Journal of new medical technologies]. – 2018. – T. 25. – № 2. – S. 166-175.

3. Es'kov V.V., Pyatin V.F., Klyus L.G., Miller A.V. Gomeostatichnost' nejrosetej mozga [Homeostasis of brain neural network] // *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij* [Journal of new medical technologies]. – 2018. – T. 25. – № 1. – S. 102-113.

4. Yes'kov V.M., Zinchenko YU.P., Filatova O.Ye., Yes'kov V.V. Gipoteza N.A. Bernshteyna i real'nyy khaos gomeostaticheskikh sistem v psikhologii [Hypothesis N.A. Bernstein and the real chaos

of homeostatic systems in psychology] // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14: Psikhologiya [Moscow University Psychology bulletin]. – 2017. – № 3. – S. 22-38.

5. Es'kov V.M., Beloshchenko D.V., Bashkatova Yu.V., Ilyashenko L.K. Parametry kardiointervalov ispytuemyh v usloviyah gipotermii [Cardiointervals parameters of human body in response to hypothermia] // Ehkologiya cheloveka [Human Ecology]. – 2018. – № 10. – S. 39-45.

6. Pyatin V.F., Es'kov V.V., Aliev N.Sh., Vorob'eva L.A. Haos parametrov gomeostaza funktsional'nyh sistem organizma cheloveka [Chaos of homeostasis parameters of functional systems of the human body] // Vestnik novykh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2018. – T. 25. – № 1. – S. 143-153.

7. Mirosnichenko I.V., Prohorov S.V., Ehl'man K.A., Srybnik M.A. Sravnitel'nyy analiz haoticheskoy dinamiki pokazatelej serdechno-sosudistoy sistemy prishlogo detsko-yunosheskogo naseleniya Yugry [Comparative analysis of the chaotic dynamics of the CVS alien youth of Ugra population] // Vestnik novykh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2018. – T. 25. – № 1. – S. 154-160.

8. Mirosnichenko I.V., Bashkatova Yu.V., Filatova D.Yu., Uraeva Ya.I. Ehffekt Es'kova-Filatovoj v regulyacii serdechno-sosudistoy sistemy – perekhod k personificirovannoj medicine [The effect of Eskov-Filatova in regulation of the cardiovascular system as a transition to individualized medicine] // Vestnik novykh medicinskih tekhnologij [Journal of new medical technologies]. – 2018. – T. 25. – № 2. – S. 200-208.

9. Bernshtein N.A. The co-ordination and regulation of movements // Oxford: New York, Pergamon Press. 1967.

10. Eskov V.V., Filatova O.E., Gavrilenko T.V. and Gorbunov D.V. Chaotic Dynamics of Neuromuscular System Parameters and the Problems of the Evolution of Complexity // Biophysics. – 2017. – Vol. 62. – No. 6. – Pp. 961-966.

11. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., Vochmina Yu.V. Static Instability Phenomenon in Type-Three Secretion

Systems: Complexity // Technical Physics. – 2017. – Vol. 62. – No. 11. – Pp. 1611-1616.

12. Eskov V. M. Cyclic respiratory neuron network with subcycles // Neural Network World. – 1994. – Vol. 4. – No. 4. – Pp. 403-416.

13. Eskov V.M., Filatova O.E., Ivashenko V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement Techniques. – 1994. – Vol. 37. – No. 8. – Pp. 967-971.

14. Eskov V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // Modelling, Measurement and Control C. – 1995. – Vol. 48. – No. (1-2). – Pp. 47-63.

15. Eskov V.M., Filatova O.E. Respiratory rhythm generation in rats: The importance of inhibition // Neurophysiology. – 1995. – Vol. 25. – No. 6. – Pp. 348-353.

16. Eskov V.M. Models of hierarchical respiratory neuron networks // Neurocomputing. – 1996. – Vol. 11. – No. (2-4). – Pp. 203-226.

17. Eskov V.M., Filatova O.E. A compartmental approach in modeling a neuronal network. Role of inhibitory and excitatory processes // Biofizika. – 1999. – Vol. 44. – No. 3. – Pp. 518-525.

18. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E., Khadartsev A.A., Sinenko D.V. Neurocomputational identification of order parameters in gerontology // Advances in Gerontology. – 2016. – Vol. 6. – No. 1. – Pp. 24-28.

19. Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V., Vokhmina J.V. Chaotic dynamics of cardio intervals in three age groups of indigenous and nonindigenous populations of Ugra // Advances in Gerontology. – 2016. – Vol. 6. – No. 3. – Pp. 191-197.

20. Eskov V.M., Filatova O.E., Eskov V.V. and Gavrilenko T.V. The Evolution of the Idea of Homeostasis: Determinism, Stochastics and Chaos–Self-Organization // Biophysics. – 2017. – Vol. 62. – No. 5. – Pp. 809-820.

21. Eskov V.M., Gudkov A.B., Bazhenova A.E., Kozupitsa G.S. The tremor parameters of female with different physical training in the Russian North // Human Ecology. – 2017. – No. 3. – Pp. 38-42.

22. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V. and Vochmina Yu.V. Formalization of

the Effect of “Repetition without Repetition” Discovered by N.A. Bernshtein // *Biophysics*. – 2017. – Vol. 62. – No. 1. – Pp. 143-150.

23. Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina Y.V., Gorbunov D.V., Ilyashenko L.K. Shannon entropy in the research on stationary regimes and the evolution of complexity // *Moscow University Physics Bulletin*. – 2017. – Vol. 72. – No. 3. – Pp. 309-317.

24. Eskov V.M., Bazhenova A.E., Vochmina U.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. N.A. Bernstein hypothesis in the Description of chaotic dynamics of involuntary movements of person // *Russian Journal of Biomechanics*. – 2017. – Vol. 21. – No. 1. – Pp. 14-23.

25. Filatova D.U., Veraksa A.N., Berestin D.K., Streltsova T.V. Stochastic and chaotic assessment of human's neuromuscular system in conditions of cold exposure // *Human Ecology*. – 2017. – No. 8. – Pp. 15-20.

26. Filatova O.E., Eskov V.V., Filatov M.A., Ilyashenko L.K. Statistical instability phenomenon and evaluation of voluntary and involuntary movements // *Russian Journal of Biomechanics*. – 2017. – Vol. 21. – No. 3. – Pp. 224-232.

27. Filatova O.E., Bazhenova A.E., Ilyashenko L.K., Grigorieva S.V. Estimation of the Parameters for Tremograms According to the Eskov–Zinchenko Effect *Biophysics* // *Biophysics*. – 2018. – Vol. 63. – No. 2. – Pp. 125–130.

28. Ilyashenko L.K., Bazhenova A.E., Berestin D.K., Grigorieva S.V. Chaotic dynamics parameters of the tremograms at the stress exposure // *Russian Journal of Biomechanics*. – 2018. – Vol. 22. – No. 1. – Pp. 62-71.

29. Leonov B.I., Grigorenko V.V., Eskov V.M., Khadartsev A.A., and Ilyashenko L.K. Automation of the Diagnosis of Age-Related Changes in Parameters of the Cardiovascular System // *Biomedical Engineering*. – 2018. – Vol. 52. – No. 3. – Pp. 210-214.

30. Prigogine I. R. *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature*; Free Press. 1997.

31. Weaver W. *Science and Complexity* // *American Scientist*. – 1948. – Pp. 536-544.

32. Wheeler J.A. Information, physics, quantum: the search for links. In Feynman and Computation: Exploring the Limits of Computers, ed A.J.G. Hey; Cambridge, MA, Perseus Books. – 1999. p. 309.

33. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Eskov V.V. and Eskov V.M. Experimental Study of Statistical Stability of Cardiointerval Samples // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2017. – Vol. 164. – No. 2. – Pp. 115-117.

34. Zilov V.G., Khadartsev A.A., Ilyashenko L.K., Eskov V.V., Minenko I.A. Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2018. – Vol. 165. – No. 4. – Pp. 415-418.