

DOI: 10.12737/21048

ТЕОРЕМА ГЛЕНСДОРФА-ПРИГОЖИНА В ОПИСАНИИ ГОМЕОСТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Д.В. ГОРБУНОВ, В.В. ЕСЬКОВ, Г.Р. ГАРАЕВА, Ю.В. ВОХМИНА

БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», проспект Ленина, 1, Сургут, 628400, Россия

Аннотация. Скорость эволюции $v(t)$ разных систем различна, но механизмы и количественные закономерности при этом могут быть похожими. Для таких разных биосистем мы сейчас предлагаем новый формальный математический аппарат, который бы описывал все эти процессы. Сейчас для сложных, многокомпонентных систем, у которых размерность m фазового пространства состояний велика ($m \gg 1$), не существует интегративных методов расчета скорости эволюции в рамках теории, разработанной И.Р. Пригожиным и П. Гленсдорфом. Термодинамический подход в оценке эволюции оказался неэффективным для систем третьего типа. При этом на уровне молекулярных систем он выполняется – работает известная теорема И.Р. Пригожина (Нобелевская премия за термодинамику неравновесных систем). Показано, что при изменении состояния функциональной системы человека энтропия E измеренного сигнала не изменяется.

Ключевые слова: гомеостаз, тремор, эффект Еськова-Зинченко, энтропия Шеннона.

THE GLANDS DORF-PRIGOGINES THEOREM IN THE DESCRIPTION OF HOMEOSTATIC SYSTEMS

D.V. GORBUNOV, V.V. ESKOV, G.R. GARAEVA, YU.V. VOKHMINA

Surgut state university, Lenin Avenue, 1, Surgut, 628400, Russia

Abstract. The speed of the evolution of $v(t)$ of different systems is different, but the mechanisms and quantitative patterns may be similar. For different biological systems, we should have a new formal mathematical apparatus, which describes all these processes. Now for complex multi-component systems in which the dimension of the phase space of States is large, $m \gg 1$, there is no integrative methods for calculating of the speed of evolution in the framework of the theory which was developed by I. R. Prigogine and P. Glansdorf. Thermodynamic approach to estimation of the evolution has been effective for systems of third type. In the case as the level of molecular systems it runs – has a famous theorem of I. R. Prigogine (Nobel prize for thermodynamics of non-equilibrium systems) may be used for such systems. It was proved that the changing of functional system did not provides the registration changing of signal as an entropy E parameters.

Key words: homeostasis, tremor, effect Eskova-Zinchenko, Shannon entropy.

Введение. Создатели *термодинамики неравновесных систем* (ТНС) и её основоположник И.Р. Пригожин [3] активно пытались описывать реальные биосистемы – *complexity* в рамках понятий: энтропия E , скорость прироста энтропии $P = dE/dt$, устойчивость стационарных состояний и эволюция. Для многих систем (процессов) была доказана теорема (принцип) минималь-

ного производства энтропии ($dP/dt \leq 0$), т.е. для скорости P изменения энтропии (E) в виде $P = dE/dt$. Однако, для нелинейных процессов и особых *систем третьего типа* (СТТ), которые сейчас обозначают как *complexity*, такое неравенство может и не выполняться и тогда общий критерий эволюции термодинамических систем Пригожина – Гленсдорфа (в виде $d_x P/dt \leq 0$) может

тоже не выполняться. Возникает задача оценки эволюции (скорости эволюции и её направления) для нелинейных биосистем, которые мы сейчас определяем как СТТ [1-7,10-15].

Поскольку Ф. Шлегль показывает, что вторая вариация энтропии E находится в тесной связи с информацией, которая получается при переходе из состояния с вероятностью P_i в состояние с вероятностью P_i^I ($K(P_i, P_i^I) = \sum P_i \ln(P_i/P_i^I)$), то предлагается использовать эту функцию K в качестве функции Ляпунова. Тогда возникает критерий устойчивости Шлегля в виде $dK/dt \leq 0$. Однако, критерий устойчивости Ляпунова остаётся базовым в теории устойчивости сложных, неравновесных систем, особенно это касается систем с аналитической возможностью описания их динамики. Для СТТ практически сейчас нет таких моделей и поскольку СТТ невозможно относить к описываемым аналитически линейным и нелинейным (в традиционном смысле) системам, то возникает проблема оценки устойчивости и эволюции в новой интерпретации именно для СТТ [15-17,21].

При этом остаются дискуссионными вопросы определения для СТТ обобщенных сил и потоков, которые так эффективно используются в ТНС и в термодинамике живых систем, в частности, на молекулярном уровне. Так как определение этих сил и потоков экспериментально для сложных СТТ весьма затруднительно, то тогда прямые термодинамические расчеты для СТТ-*complexity* выполнить весьма сложно. Остается единственный аналитический вариант решения задач такого уровня – это прямой расчет энтропий E и их анализ в оценке стационарных состояний. Одновременно возникает и проблема индикации ухода СТТ от этих стационарных состояний. Она осложняется тем, что, как мы показали ранее [5-15] с позиций стохастики, для СТТ нет понятия стационарности: все статистические функции $f(x)$ любых координат x_i всего вектора состояния системы $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ получаемых подряд выборок хаотически изменяются в гомеостазе [11,17]. В психофизиологии это получило наименование эффект Еськова-

Зинченко, который дает количественное описание гипотезы Н.А. Берштейна в биомеханике («повторение без повторений») [18].

Для количественного сравнения теории И.Р. Пригожина (ТНС) и реальных процессов динамики $x(t)$ для СТТ, мы сейчас используем ряд новых методов, основанных на расчетах матриц парного сравнения выборок x_i и квазиаттракторов (КА). При этом особая проблема возникает с самим понятием «стационарный режим» СТТ [1-9]. В рамках этих новых подходов [5-10] мы пошли путем сравнения значений энтропии для биосистем – *complexity* в различных режимах их функционирования. Поскольку в психофизиологии можно судить о состоянии психики по параметрам ФСО, то эта задача может быть общей и для физиологии, и для психологии на основе оценки стационарных режимов или эволюции параметров ФСО в условиях различных воздействий на человека. Если мы имеем конкретные числовые значения параметра x_i , то мы можем регистрировать и изменение ФСО, и изменения психического состояния человека [2-10]. В целом, сейчас возникла возможность перевести психофизиологию в разряд точных, моделируемых наук даже на фоне общей неопределенности в изменении психики человека [1-6].

1. Хаотический подход в оценке треморограмм. Возможность хаоса отмечал Н.А. Бернштейн при изучении организации движений [1]. При квантовании треморограмм мы получали некоторые выборки $x_1=x_1(t)$, которые представляли положение пальца в пространстве по отношению к датчику регистрации координаты x_1 (положение пальца в пространстве) в виде выборок треморограмм x_i . Далее $x_1(t)$ дифференцировался и получался вектор $x(t)=(x_1, x_2)^T$. Установка для регистрации x_i включала в себя токовихревой датчик, усилители сигнала, АЦП и ЭВМ, которая кодировала и сохраняла информацию.

Исходно нами были рассчитаны матрицы парного сравнения для 15 серий исследований по 15 выборок в каждой серии. Как типовой пример одной из таких матриц парного сравнения выборок треморограмм

одного и того же испытуемого (число повторений $N=15$), полученную с помощью не параметрического критерия Вилкоксона, представлена в табл. 1. Здесь число совпадений $k=3$, т.е. из всех возможных пар сравнения (всего 105 пар) только 3 пары можно отнести к одной генеральной совокупности, остальные 102 пары разные. Очевидно, что возможность «совпадения» выборок очень невелика, практически все выборки разные и это является особенностью систем третьего типа, для тремора всегда число совпадение очень невелико [2,10]. Более того, при повторных проведениях исследования 15 раз по 15 выборок, число совпадений k незначительно изменяется и всегда из всевозможных 105 пар имеем 3-7% совпадений. Это и составляет основу эффекта Еськова-Зинченко [2,10,14,15].

Таблица 1

Матрица парного сравнения выборок треморограмм испытуемого ГДВ (число повторений $N=15$), использовался критерий Вилкоксона (уровень значимости $p<0.05$, число совпадений $k=3$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		.00	.00	.02	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.96	.00	.00
2	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
3	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
4	.02	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
5	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
6	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
7	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.15	.00
8	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.42	.00	.00	.00	.00	.00	.00
9	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.42		.00	.00	.00	.00	.00	.00
10	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00
11	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00
12	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00
13	.96	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00
14	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.15	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00
15	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	

Для полученных 225 выборок тремора от одного испытуемого были рассчитаны параметры КА. При анализе этих данных результаты исследования были разбиты на 15 серий испытаний по 15 выборок в каждой серии. В результате проделанных расчетов можно сказать, что средние значения каждой серии изменяются от $1,33 \times 10^{-8}$ до $2,86 \times 10^{-8}$. Согласно результатам, полученным при парном сравнении каждой серии испытания, число совпадений выборок

площадей КА $k=68$, т. е. 37 пар разные, а остальные 68 пар можно отнести к одной генеральной совокупности. Аналогичным образом рассчитывались объемы КА и парно сравнивались все со всеми. Полученные результаты очень близки к результатам для площадей S КА, число совпадений при парном сравнении выборок объемов КА несколько выше, здесь $k=72$.

2. Энтропийный подход в оценке треморограмм. Одновременно нами, в настоящих исследованиях, использовался один из методов стохастики в виде расчета значения энтропии Шеннона. Энтропия Шеннона связана с распределением вероятностей амплитуд колебаний движения. Фактически, это мера упорядоченности выборок x_i – компонент вектора состояния системы $x(t)$ в *фазовом пространстве состояний* (ФПС). Формальное определение энтропии для независимых случайных событий x с n возможными состояниями (от 1 до n , p – функция вероятности) рассчитывается по формуле: $E = \sum_{i=1}^n p(i) \log_2 p(i)$, где p – функция вероятности. Производилось сравнение значений E с особенностями функциональных состояний [2-10].

Эта процедура нами сейчас выполнялась только для одной координаты $x_1(t)$, а вторая координата (скорость) $x_2=dx_1/dt$ входила в вектор $x=(x_1, x_2)^T$. Этот $x(t)$ совершал непрерывные хаотические движения в таком двухмерном ФПС. Само это движение у нас оценивалось в рамках расчета энтропией E и параметров КА. Значения энтропии Шеннона E рассчитывались для всех 225 выборок треморограмм. В табл. 2 представлены значения для 30-ти выборок треморограмм, как типовой пример.

Так же для этих полученных 225-ти выборок энтропии Шеннона строилась матрица парного сравнения от одного и того же испытуемого. Результат такого сравнения показал, что число совпадений $k=102$. Такое же число совпадений получается и для детерминированного хаоса (выборки, полученные на хаотическом генераторе чисел). Такие выборки всегда демонстрируют 97-99% совпадений и имеют равномерное распределение [12-15].

Таблица 2

Результаты статистической обработки динамики поведения E – энтропии Шеннона для двух выборок треморограмм одного и того же человека (число повторов $N=15$)

	E_1	E_2
1	3.322	3.322
2	3.322	3.322
3	3.122	3.122
4	3.122	2.922
5	3.322	2.922
6	2.922	3.322
7	3.322	2.922
8	3.122	3.322
9	3.322	3.122
10	2.922	2.922
11	3.322	3.322
12	2.922	3.322
13	2.846	3.322
14	3.322	3.322
15	2.922	2.846
$\langle E \rangle$	3.143	3.157
Критерий Вилкоксона, уровень значимости $p=0,72$		

Результаты статистической проверки на нормальность распределения треморограмм испытуемых по критерию Шапиро-Уилка, демонстрируют не параметрический тип распределения. Поэтому для выявления различий показателей треморограмм испытуемых нами использовались методы не параметрической статистики. Однако, энтропия Шеннона E не дает столь существенных различий для повторов измерения подряд от одного испытуемого и при оценке двух функциональных состояний (тремор до холодового воздействия и после).

3. Расчет значений энтропии Шеннона для электромиограмм. Анализ треморограмм приводит нас к заключению о возможности хаоса и в параметрах с электромиограммами (ЭМГ) испытуемых. С помощью ЭВМ производилась визуализация данных, полученных с помощью электромиографа, строилась временная развертка сигнала (рис. 1-А), которая преобразовывалась дискретизацией сигнала в некоторые числовые ряды (выборки ЭМГ). Анализом полученных временных рядов по данным с электромиографа было доказано, что получаемый сигнал всегда уникален для каждого интервала регистрации испытуемого. Однако, при этом сохраняется не-

которая закономерность, которая связана с площадью КА S в фазовом пространстве x_1 и x_2 (рис. 1-В).

Каждый из векторов перемещения по осям (x_1 и x_2) может образовывать фазовую плоскость, описывающую динамику поведения двумерного вектора $x=(x_1, x_2)^T$, которая представлена на рис. 1-В. Из этого рисунка видно, что ЭМГ имеют некоторое подобие с автокорреляционной функцией $A(t)$, которая представлена на рис. 1-С.

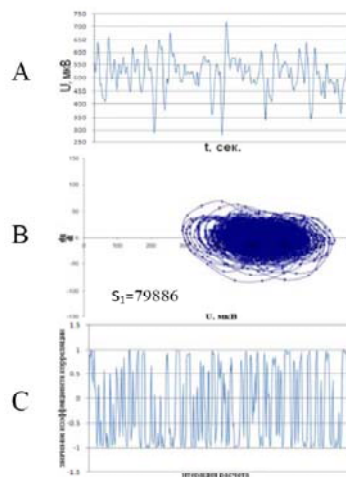


Рис. 1. Результаты обработки данных, полученных при слабом напряжении мышцы ($F_1=5$ даН); испытуемый КАЕ как типичный пример всей группы: А – временная развертка сигнала; В – фазовый портрет КА с площадью $S_1=79886$ у.е.; С – автокорреляционная функция сигнала $A(t)$

Поскольку для многих параметров гомеостаза функции распределения $f(x)$ не могут показывать устойчивость ($f(x)$ непрерывно изменяются), то возникает вопрос о целесообразности использования функций распределения $f(x)$ для ЭМГ. Мы наблюдаем их непрерывное изменение при сравнении выборок ЭМГ и любая ЭМГ имеет свой особый закон распределения и $f(x)$ для каждого интервала Δt . Мы построили матрицы парных сравнений выборок ЭМГ для всех 15-ти испытуемых при 2-х силах сжатия динамометра ($F_2=2F_1$) и установили определенную закономерность изменения числа «совпадений» пар выборок k , получаемых параметров ЭМГ. Оказалось, что в первом случае (для F_1) матрица 15×15 (она дает 105 разных пар сравнений) при усилении $F_1=5$ даН показывает $k_1=8$, что представле-

но в табл. 1. При увеличении усилия (напряжения) до $F_2=10$ даН наблюдается и увеличение числа совпадений до $k_2=18$. Вид такой матрицы для F_1 представлен в табл. 3.

Матрица парного сравнения выборок ЭМГ группы из 15-ти мужчин при слабом напряжении мышцы ($F_1=5$ даН), использовался критерий Ньюмана-Келсо (значимость $p<0.05$, число совпадений $k=8$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
3	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
4	.00	.00	.00		.00	.41	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
5	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.02	1.00	.00	.00	.00	.00
6	.00	.00	.00	.41	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
7	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	1.00	.00	.00	.21	1.00	.00	.00
8	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
9	.00	.00	.00	.00	.00	.00	1.00	.00		.00	.00	.02	1.00	.00	.00
10	.00	.00	.00	.00	.02	.00	.00	.00	.00		.24	.00	.00	.00	.00
11	.00	.00	.00	.00	1.00	.00	.00	.00	.00	.24		.00	.00	.00	.00
12	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.21	.00	.02	.00	.00		1.00	.00	.00
13	.00	.00	.00	.00	.00	.00	1.00	.00	1.00	.00	1.00	.00		.00	.00
14	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00
15	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	

Таким образом, и для одного испытуемого (при повторях опытов), и для группы разных испытуемых, мы предлагаем использовать подобные матрицы парных сравнений ЭМГ (и их функций распределения $f(x)$) для оценки физиологического состояния мышцы, выявления особенностей ее регуляции. Разовые же измерения и сравнения $f(x)$, которые сейчас в физиологии широко используются, не имеют информационного смысла. Появления $p<0.05$ в таких матрицах совершенно хаотично, имеет значение только число «совпадений» k . Оно зависит от функционального состояния мышцы (величины усилия F , от охлаждения мышцы, введения миорелаксанта, утомления и т.д.). Величина k реально может быть использована в физиологических или психофизиологических исследованиях.

Одновременно мы проверили значимость и эффективность критерия термодинамического типа, который используется в стохастике (и термодинамике) в виде расчета энтропии Шеннона E для этих же выборок ЭМГ для группы испытуемых и од-

ного и того же человека. Результаты расчетов по всей группе показали, что распределения E_1 (для F_1) и E_2 (для F_2) будут параметрическими, их средние значения ($\langle E_1 \rangle = 2.58$, $\langle E_2 \rangle = 2.6$) и значения Т-критерия ($p=0.7$) значительно больше 0.05, они статистически не различаются при критерии значимости различий для этих двух выборок E_1 и E_2 в виде $p=0,70$.

Подобный результат расчета энтропии Шеннона E мы получили и для выборок ЭМГ от одного и того же испытуемого (табл. 4). Здесь, мы тоже имеем параметрическое распределение для E_1 и E_2 , среднее значение не отличается ($\langle E_1 \rangle = 2,59$, $\langle E_2 \rangle = 2,59$). Полученные результаты значений энтропии Шеннона статистически не различаются, для этих двух выборок E_1 и E_2 в критерий значимости $p=0,23$.

Таблица 4

Значения энтропии Шеннона для ЭМГ для одного и того же испытуемого при слабом напряжении мышцы ($F_1=5$ даН) и сильном напряжении мышцы ($F_2=10$ даН)

	$E_1, 5 \text{ даН}$	$E_2, 10 \text{ даН}$
1	2.663	2.546
2	2.499	2.579
3	2.614	2.619
4	2.467	2.617
5	2.599	2.627
6	2.563	2.611
7	2.602	2.610
8	2.587	2.569
9	2.587	2.569
10	2.594	2.516
11	2.662	2.595
12	2.573	2.634
13	2.571	2.621
14	2.675	2.543
15	2.675	2.604
среднее	2.595	2.591
нормальное распределение, Т-критерий, критерий значимости $p=0.23$		

Таким образом, термодинамический (энтропийный) подход в оценке выборок ЭМГ (для мышц) в двух состояниях испытуемых ($F_2=2F_1$) совершенно ничего не да-

ет. Получается, что ЭМГ по данным энтропии Шеннона E одинаковы в этих 2-х состояниях, хотя матрицы парных сравнений выборок все-таки показывают разное число совпадений как для группы испытуемых ($k_1=8, k_2=18$), так и для 15-ти повторных выборок от одного испытуемого ($k_1=6, k_2=20$). С позиций расчета энтропии с мышцей ничего не происходит, она находится в стационарном состоянии. Это является яркой демонстрацией условности стационарности, что представлено в табл. 3 в виде T -критерия для значений энтропии E .

Выводы:

1. На основе проведенных исследований можно сделать сказать, что метод расчета энтропий Шеннона E может быть использован в оценке адаптивных изменений в системе регуляции тремора, но он обладает слабой чувствительностью и с позиций стохастики может быть вообще не чувствительным. В результате построения матрицы парного сравнения для энтропии Шеннона

можно сказать, что число совпадений пар выборок энтропии Шеннона в такой матрице такое же, как и для детерминированного хаоса, порядка 97-99% пар совпадений.

2. Сравнение традиционных методов обработки электромиограмм и методов ТХС показывает низкую эффективность моделей в рамках расчета энтропий E , расчета АЧХ, автокорреляционных функций $A(t)$. ЭМГ испытуемых, находящихся в разных физиологических состояниях (напряжениях мышц), оценивать весьма затруднительно с позиций стохастики.

3. Новые методы расчета ЭМГ на основе ТХС, которые используют двумерное фазовое пространство с координатами ЭМГ x_1 и x_2 , и метод расчёта матриц парных сравнений выборок ЭМГ (расчет числа k пар «совпадений» выборок ЭМГ) реально может характеризовать интегральные значения параметров ЭМГ при разных состояниях мышц.

Литература

1. Бернштейн Н.А. О построении движений. М.: Медгиз, 1947. 254 с.
2. Веракса А.Н., Горбунов Д.В., Шадрин Г.А., Стрельцова Т.В. Эффект Еськова-Зинченко в оценке параметров теппинга методами теории хаоса-самоорганизации и энтропии // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. №1. С. 17–24.
3. Гленсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. М.: «Мир», 1973. 280 с.
4. Еськов В.В., Еськов В.М., Карпин В.А., Филатов М.А. Синергетика как третья парадигма, или понятие парадигмы в философии и науке // Философия науки. 2011. № 4. С. 126–128.
5. Еськов В.В., Вохмина Ю.В., Гавриленко Т.В., Зимин М.И. Модели хаоса в физике и теории хаоса-самоорганизации // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2013. № 2. С. 42–56.
6. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е. Особенности измерений и моделирования биосистем в фазовых пространствах состоя-

References

- Bernshteyn NA. O postroenii dvizheniy [About construction of movements]. Moscow: Medgiz; 1947. Russian.
- Veraksa AN, Gorbunov DV, Shadrin GA, Strel'tsova TV. Effekt Es'kova-Zinchenko v otsenke parametrov teppinga metodami teorii khaosa-samoorganizatsii i entropii [Effect Eskova Zinchenko-estimation of parameters in tapping methods of the theory of chaos and entropy, self-organization]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;1:17-24.
- Glensdorf P, Prigozhin I. Termodinamicheskaya teoriya struktury, ustoychivosti i fluktuatsiy [Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations]. Moscow: «Mir»; 1973. Russian.
- Es'kov VV, Es'kov VM, Karpin VA, Filatov MA. Sinergetika kak tret'ya paradigma, ili ponyatie paradigma v filosofii i nauke [Synergetics as a third paradigm, or the concept of a paradigm shift in philosophy and science]. Filosofiya nauki. 2011;4:126-8. Russian.
- Es'kov VV, Vokhmina YuV, Gavri-lenko TV, Zimin MI. Modeli khaosa v fi-zike i teorii khaosa-samoorganizatsii. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2013;2:42-56. Russian.
- Es'kov VM, Es'kov VV, Filatova OE. Osobennosti izmereniy i modelirovaniya biosistem v fazovykh prostranstvakh sostoyaniy [Features of measure-

- ний // Измерительная техника. 2010. № 12. С. 53–57.
7. Еськов В.М., Еськов В.В., Хадарцев А.А., Филатов М.А., Филатова Д.Ю. Метод системного синтеза на основе расчета межатракторных расстояний в гипотезе равномерного и неравномерного распределения при изучении эффективности кинезитерапии // Вестник новых медицинских технологий. 2010. Т. 17, № 3. С. 106–110.
 8. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Гудков А.В., Гудкова С.А., Сологуб Л.А. Философско-биофизическая интерпретация жизни в рамках третьей парадигмы // Вестник новых медицинских технологий. 2012. № 1. С. 38–41.
 9. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Козлова В.В., Филатова О.Е. Использование статистических методов и методов многомерных фазовых пространств при оценке хаотической динамики параметров нервно-мышечной системы человека в условиях акустических воздействий // Вестник новых медицинских технологий. 2014. Т. 21, № 2. С. 6–10.
 10. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатов М.А., Поскина Т.Ю. Эффект Н.А. Бернштейна в оценке параметров тремора при различных акустических воздействиях // Национальный психологический журнал. 2015. № 4. С. 66–73.
 11. Еськов В.М., Газя Г.В., Майстренко Е.В., Болтаев А.В. Влияние промышленных электромагнитных полей на параметры сердечно-сосудистой системы работников нефтегазовой отрасли // Экология и промышленность России. 2016. № 1. С. 59–63.
 12. Еськов В.М., Еськов В.В., Вохмина Ю.В., Гавриленко Т.В. Эволюция хаотической динамики коллективных мод как способ описания поведения живых систем // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон. 2016. № 2.
 13. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Вохмина Ю.В. Хаотическая динамика кардиоинтервалов трёх возрастных групп представителей коренного и пришлого населения Югры // Успехи геронтологии. 2016. Т. 29, № 1. С. 44–51.
- ments and modeling of biological systems in the phase space of states]. Izmeritel'naya tekhnika. 2010;12:53-7. Russian.
- Es'kov VM, Es'kov VV, Khadartsev AA, Filatov MA, Filatova DYU. Metod sistemnogo sinteza na osnove rascheta mezhattraktornykh rasstoyaniy v gipoteze ravnomernogo i neravnomernogo raspredeleniya pri izuchenii effektivnosti kineziterapii [system synthesis method based on the calculation of distances mezhattraktornykh in the hypothesis of uniform and non-uniform distribution in the study of the effectiveness of kinesitherapy]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2010; 17(3):106-10. Russian.
- Es'kov VM, Khadartsev AA, Gudkov AV, Gudkova SA, Sologub LA. Filosofsko-biofizicheskaya interpretatsiya zhizni v ramkakh tret'ey paradigmy [Philosophical and geophysical interpretation of life in the third paradigm]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;1:38-41. Russian.
- Es'kov VM, Khadartsev AA, Kozlova VV, Filatova OE. Ispol'zovanie statisticheskikh metodov i metodov mnogomernykh fazovykh prostranstv pri otsenke khao-ticheskoy dinamiki parametrov nervno-myshechnoy sistemy cheloveka v usloviyakh akusticheskikh vozdeyst-viy. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2014;21(2):6-10. Russian.
- Es'kov VM, Zinchenko YuP, Filatov MA, Poskina TYU. Effekt N.A. Bernshteyna v otsenke parametrov tremora pri razlichnykh akusticheskikh vozdeystviyakh [The effect of NA Bernstein in the evaluation of tremor parameters for different acoustic effects]. Natsional'nyy psikhologicheskiy zhurnal. 2015;4:66-73. Russian.
- Es'kov VM, Gazya GV, Maystrenko EV, Boltaev AV. Vliyanie promyshlennykh elektromagnitnykh poley na parametry serdechnososudistoy sistemy rabotnikov neftegazovoy otrasli [The impact of electromagnetic fields on the industrial parameters of the cardiovascular system of the oil and gas industry workers]. Ekologiya i promyshlennost' Ros-sii. 2016;1:59-63. Russian.
- Es'kov VM, Es'kov VV, Vokhmina YuV, Gavrilenko TV. Evolyutsiya khaoticheskoy dinamiki kollektivnykh mod kak sposob opisaniya povedeniya zhivykh system [The evolution of chaotic dynamics of collective modes as a way to describe the behavior of living systems]. Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 3. Fiz. Astron. 2016;2. Russian.
- Es'kov VM, Khadartsev AA, Es'kov VV, Vokhmina YuV. Khaoticheskaya dinamika kardiointervalov trekh vozrastnykh grupp predstaviteley korennoy i prishlogo naseleniya Yugry [Chaotic dynamics of cardio three age groups, the representatives of the radical and alien population of

14. Зинченко Ю.П., Еськов В.М., Еськов В.В. Понятие эволюции Гленсдорфа-Пригожина и проблема гомеостатического регулирования в психофизиологии // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2016. № 1. С. 3–24.
15. Филатов М.А., Веракса А.Н., Филатова Д.Ю., Поскина Т.Ю. Понятие произвольных движений с позиций эффекта Еськова-Зинченко в психофизиологии движений // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. №1. С. 24–32.
16. Хадарцев А.А., Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцева К.А. Пять принципов функционирования сложных систем, систем третьего типа // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №1. Публикация 1-2. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5123.pdf> (дата обращения: 25.03.2015). DOI: 10.12737/10410
17. Eskov V.M., Filatova O.E. Problem of identity of functional states in neuronal networks // Biophysics. 2003. Vol. 48, № 3. P. 497–505.
18. Karpin V.A., Filatova O.E., Soltys T.V., Sokolova A.A., Bashkatova Yu.V., Gudkov A.B. Comparative analysis and synthesis of the cardiovascular system indicators of representatives of arctic and alpine adaptive types // Human Ecology. 2013. №7. P. 3-9.
19. Khadartsev A.A., Nesmeyanov A.A., Eskov V.M., Fudin N.A., Kozhemov A.A. The foundations of athletes' training based on chaos theory and self-organization // Theory and Practice of Physical Culture. 2013. № 9. С. 23.
20. Rusak S.N., Eskov V.V., Molyagov D.I., Filatova O.E. Annual dynamics of climatic factors and population health in Khanty-Mansiysk autonomous area // Human Ecology. 2013. №11. P. 19–24.
21. Vokhmina Y.V., Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Filatova O.E. Medical and biological measurements: measuring order parameters based on neural network technologies // Measurement Techniques. 2015. T. 58, № 4. С. 65–68.
- Ugra]. Uspekhi gerontologii. 2016;29(1):44-51. Russian.
- Zinchenko YuP, Es'kov VM, Es'kov VV. Ponya-tie evolyutsii Glensdorfa-Prigozhina i problema gomeostateskogo regulirovaniya v psikhofiziologii. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14: Psikhologiya. 2016;1:3-24. Russian.
- Filatov MA, Veraksa AN, Filatova DYU, Poski-na TYu. Ponyatie proizvol'nykh dvizheniy s pozi-tsiy effekta Es'kova-Zinchenko v psikhofiziologii dvizheniy [The concept of voluntary movements with positions Eskova-Zinchenko effect in psychophysiology of movements]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;1:24-32. Russian.
- Khadartsev AA, Es'kov VM, Filatova OE., Khadartseva KA. Pyat' printsipov funktsionirovaniya slozhnykh sistem, sistem tret'ego tipa [The five principles of the functioning of complex systems, systems of the third type]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie [internet]. 2015[cited 2015 Mar 25];1[about 6 r.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-1/5123.pdf>. DOI: 10.12737/10410
- Eskov VM, Filatova OE. Problem of identity of functional states in neuronal networks. Biophysics. 2003;48(3):497-505.
- Karpin VA, Filatova OE, Soltys TV, Sokolova AA, Bashkatova YuV, Gudkov AB. Comparative analysis and synthesis of the cardiovascular system indicators of representatives of arctic and alpine adaptive types. Human Ecology. 2013;7:3-9.
- Khadartsev AA, Nesmeyanov AA, Eskov VM, Fudin NA, Kozhemov AA. The foundations of athletes' training based on chaos theory and self-organization. Theory and Practice of Physical Culture. 2013;9:23.
- Rusak SN, Eskov VV, Molyagov DI, Filatova OE. Annual dynamics of climatic factors and population health in Khanty-Mansiysk autonomous area. Human Ecology. 2013;11:19-24.
- Vokhmina YV, Eskov VM, Gavrilenko TV, Filatova OE. Medical and biological measurements: measuring order parameters based on neural network technologies. Measurement Techniques. 2015;58(4):65-8.