

СТАТИКА И КИНЕМАТИКА ГОМЕОСТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ – COMPLEXITY

ГАЛКИН В.А.¹, ПОПОВ Ю.М.², БЕРЕСТИН Д.К.¹, МОНАСТЫРЕЦКАЯ О.А.¹

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

²Самарский государственный социально-педагогический университет, ул. М. Горького, 65/67, г. Самара, 443099, Россия

Традиционные для физики и техники понятия статики (стационарность для вектора состояния системы $x(t)$ в виде $dx_1/dt=0$) и кинематика (когда мы имеем ненулевую скорость $x_2=dx_1/dt\neq 0$, $x_i\neq const$, или ускорение $x_3=dx_2/dt\neq 0$) для сложных, гомеостатичных систем (complexity по I.R. Prigogine и M. Gell-Mann) приобретают совершенно иные значения и смыслы. Для complexity регистрируются непрерывно $dx/dt\neq 0$ и непрерывный (хаотический калейдоскоп статистических функций распределения $f(x_i)$). Для неизменного гомеостаза живых систем или метеопараметров среды (климата) мы вводим новые понятия квазиаттракторов, неопределенностей 1-го и 2-го типов и особое определение кинематики complexity, как движения (изменения) параметров квазиаттракторов в m -мерном фазовом пространстве состояний.

Ключевые слова: хаос, сложность, эффект Еськова-Зинченко.

STATICS AND KINEMATICS OF HOMEOSTATIC SYSTEMS – COMPLEXITY

GALKIN V.A.¹, POPOV Y.M.², BERESTIN D.K.¹, MONASTYRETSKY O.A.¹

¹Surgut state University, Lenin pr., 1, Surgut, 628400, Russia

²Samara State Social Pedagogical University, ul. M. Gorky, 65/67, Samara, 443099, Russia

Traditional for physics and engineering concepts of statics (stationary state to the system state vector $x(t)$ in the form $dx_1/dt=0$) and kinematics (when we have a non-zero speed $x_2=dx_1/dt\neq 0$, $x_i\neq const$, or acceleration, $x_3=dx_2/dt\neq 0$) for the complex homeostasis of the system (complexity by I. R. Prigogine and M. Gell-Mann) takes on a very different significance and meanings. Complexity are registered as $dx/dt\neq 0$ without any stable state and a continuous (chaotic kaleidoscope of the statistical distribution functions $f(x_i)$). For constant homeostasis of living systems or meteorological parameters of the environment (climate), we introduce a new notion of quasi-attractor, the uncertainty of the 1-St and 2-nd type and the specific definition of the kinematics complexity as the movements (changes) of parameters of quasi-attractor in m -dimensional phase space of states.

Key word: chaos, complexity, Eskov-Zinchenko effect.

Введение. Гомеостатичные системы, системы третьего типа (СТТ) по W. Weaver [24], демонстрируют неопределенность 2-го типа. В этом случае нет устойчивости статистических функций распределения $f(x_i)$ для любых координат x_i всего вектора состояния гомеостатичной системы $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ при регистрации (подряд) выборок x_i одного и того же объекта, находящегося в одном, неизменном гомеостазе [3-10]. Это сейчас составило основу эффекта Еськова-Зинченко в биомеханике и неопределенность 2-го типа во всей медицине, которая активно используется

Сургутской (Еськов В.М., Филатова О.Е.) и Тульской научными школами.

Такие особые свойства СТТ-complexity сразу требуют и другого определения стационарных режимов и изменений $x(t)$, которые и в стационарном (гомеостатическом) состоянии демонстрируют непрерывные хаотические изменения в виде $dx/dt\neq 0$. Для описания СТТ-complexity мы сейчас создаем теорию хаоса-самоорганизации (ТХС), которая отличается и от функционального анализа, и от стохастики [9-15]. Более того, нами доказано, что и динамический хаос Лоренца не может быть использован в качестве моделей СТТ - complexity,

гомеостатических систем, что не учитывали два нобелевских лауреата [22, 23].

1. Стационарные режимы СТТ-complexity.

Для особых гомеостатичных систем (СТТ-complexity), невозможно два раза повторить (произвольно) начальные параметры $x(t_0)$ всего вектора состояния системы $x(t)$. В этом случае отсутствует задача Коши (нет задания $x(t_0)$ и нет уравнений которые бы могли описывать динамику развития процесса). Более того, при любых попытках повторных измерений начального состояния $x(t_0)$ или конечного состояния $x(t_k)$ вектора $x(t)$ полученные выборки, например, конечного состояния процесса $x(t_k)$ не обладают статистической устойчивостью [1-5].

Невозможно произвольно повторить выборки x_i для любых параметров x_i биосистемы, находящейся в одном, неизменном состоянии. Например, если подряд многократно (по 15 раз) регистрировать выборки *треморограмм* (ТМГ), *теппинграмм* (ТПГ) в биомеханике, *электромиограмм* (ЭМГ) или *электронейрограмм* (ЭНГ) в физиологии нервно-мышечной системы, *электроэнцефалограмм* (ЭЭГ) при изучении работы мозга (в неврологии, психиатрии, психологии), биохимических параметров крови, *кардиоинтервалов* (КИ) в физиологии *кардио-респираторной системы* (КРС) и многих других параметров гомеостаза организма человека, то мы не сможем произвольно (!) повторить два раза подряд выборки любого из этих сигналов (ТМГ, ТПГ, ЭЭГ, ЭМГ, ЭНГ и т.д.) [15-21].

Для иллюстрации этого факта достаточно измерить подряд 15 выборок

ТМГ в биомеханике (табл. 1) или 15 выборок ЭМГ (в электрофизиологии) и построить матрицы парных сравнений полученных подряд выборок ТМГ или ЭМГ. В табл. 1 представлены значения p критерия Вилкоксона для ТМГ (здесь имеется всего $k=5$ пары выборок, которые (эти две, каждые) можно отнести к одной генеральной совокупности). Остальные 100 независимые пары будут разными, они не показывают статистическую устойчивость в биомеханике.

Таблица 1

Матрицы парных сравнений полученных 15 выборок подряд ТМГ, по критерию Вилкоксона, число совпадений $k=5$

	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	,95	,00	,24	,00	,00
3	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
4	,00	,00	,00		,11	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00
5	,00	,00	,00	,11		,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	,00	,00
8	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00	,81	,00
9	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,02	,00	,00	,00
10	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,00	,00	,00	,00
11	,00	,95	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00		,00	,91	,00	,00
12	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,02	,00	,00		,00	,00	,00
13	,00	,24	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,91	,00		,00	,00
14	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,81	,00	,00	,00	,00	,00		,00
15	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	,00	

Аналогично и при изучении электромиограмм (биопотенциалов мышц, например) в табл. 2. Здесь k имеет аналогичные (малые) значения $k=6$, что тоже доказывает статистическую неустойчивость подряд получаемых выборок ЭМГ. Получить статистические совпадение двух (подряд) выборок ТМГ или ЭМГ – задача крайне сложная, вероятность p того, что $f_j(x_i)=f_{j+1}(x_i)$ для ТМГ и ЭМГ крайне малая величина (обычно $p_2 \leq 0,01$, но чаще всего $p_2 \leq 0,001$ и меньше), более низкие значения приобретает событие, когда три выборки подряд попадают в одну генеральную совокупность (такая вероятность $p_3 \leq 10^{-5}$). Возникает закономерный вопрос: с чем

сейчас работает современная биология, медицина, психология, экология, если получаемые подряд выборки x_i (в неизменном гомеостазе биосистемы) не могут демонстрировать статистическую устойчивость?

Таблица 2

Матрицы парных сравнений полученных 15 выборок подряд ТМГ, по критерию Вилкоксона, число совпадений $k=6$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,67	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,15	0,01
2	0,00		0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,01		0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,02	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	0,03	0,00	0,00	0,00		0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
6	0,01	0,00	0,01	0,00	0,03		0,00	0,00	0,01	0,55	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,67	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,03
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00		0,01	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00
9	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01		0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
10	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,45	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	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	0,90	0,03	0,00	0,00	0,00		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	0,15	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
15	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Все события (для гомеостатических СТТ-*complexity*) являются уникальными, но уникальные процессы – не объект современной науки (это утверждение *I.R. Prigogine* [23]). Биология, медицина, психология и экология – изучают уникальные системы, которые невозможно два раза (подряд) повторить. Их гомеостаз не является стационарным решением, т.к. $dx/dt=0$, $x_i \neq const$, а статистические функции распределения $f(x_i)$ демонстрируют $f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$ с вероятностью $p \geq 0,99$ для любых j -х и $j+1$ -х выборок. Что тогда является стационарным решением для СТТ, что такое гомеостаз *complexity*?

Ответы на эти вопросы потребовали изменения наших представлений о стационарной (неизменности) параметров $x(t)$ для любой гомеостатической системы. Традиционные для *детерминисткой и стохастической науки* (ДСН) требование в виде $dx/dt=0$, или неизменности статистических функций $f(x_i)$ теперь уже не могут быть использованы в оценке неизменности (стационарности) СТТ-*complexity* (нет и задачи Коши). В рамках новой, разрабатываемой ТХС вводится

понятие квазиаттракторов и неопределенностей 2-го типа для гомеостатических систем [3, 6, 8, 17, 18].

2. Гомеостатичность – сохранение параметров квазиаттракторов.

Сразу следует отметить, что понятие квазиаттракторов в ТХС отлично от квазиаттрактора в теории динамического хаоса, где квазиаттрактор характеризуется переходом от динамического хаоса (Лоренца) к некоторым периодическим процессам (и

наоборот) в зависимости от параметров динамической модели. В ТХС мы не

имеем математических моделей (например, в виде дифференциальных уравнений), а работаем с ограниченными областями фазового пространства (объемом Vg), внутри которых непрерывно и хаотически движется вектор состояния системы $x(t)$.

Стационарный режим для СТТ-*complexity* (гомеостатических систем) основан на статистической устойчивости параметров *квазиаттракторов* (КА) в ТХС, когда не изменяются (существенно) объемы КА и (или) не изменяются координаты центра x_{ic} для этих КА. При изменении гомеостаза, переходе от гомеостаза H_1 к гомеостазу H_2 ($H_1 \neq H_2$) мы можем наблюдать кратное изменение объемов Vg или существенное движение центра x_{ic} КА в *фазовом-пространстве состояний* (ФПС).

В целом, то что в ДСН является движением ($dx/dt \neq 0$ и $x_i \neq const$), то в ТХС может быть покоем. В этом случае не изменяются существенно параметры КА. Возможна и обратная ситуация, когда статистически две выборки x_i (полученные в двух разных гомеостазах H_1 и H_2 , при $H_1 \neq H_2$) могут не различаться, а их КА или

нейроэмуляторы (в режиме бинарной классификации), покажут существенное различие, т.е. покажут $H_1 \neq H_2$.

В первом случае (в эффекте Еськова-Зинченко, когда в неизменном гомеостазе все выборки показывают различие и $f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$) мы имеем дело с неопределённостью 2-го типа (стохастическая неустойчивость подряд получаемых выборок x_i для одного организма в неизменном гомеостазе, $H_1 = const$). Во втором случае, когда выборки x_i совпадают, но гомеостазы различаются ($H_1 \neq H_2$), мы имеем неопределённость 1-го типа (стохастика показывает устойчивость, а ТХС – изменения).

Для СТТ мы имеем инверсию понятий (статичность – это изменения, а изменение $f(x_i)$ являются гомеостазом, неизменностью H_1). Инверсия понятий статики и кинематики между ДСН и ТХС – это первый признак различия подходов и понятий. Одновременно, в ТХС вводится аналог принципа неопределенности Гейзенберга, когда неопределенность координаты (Δx_1) и неопределённость скоростей $\Delta x_2 = \Delta(dx_1/dt)$ в виде произведения демонстрирует ограничения снизу (константа $Vg \min$) и сверху (константа $Vg \max$). Обычно в ТХС мы используем ограничения сверху, т.е. $\Delta x_1 \Delta x_2 < Vg \max$.

К основным параметрам КА мы относим его объём (в двумерном ФПС – площадь КА) и координаты его центра x_{ic} . При изменении параметров гомеостаза изменяются именно эти характеристики (Vg и x_{ic}). Их существенное изменение характеризует изменение гомеостаза, переход из гомеостаза H_1 в гомеостаз H_2 ($H_1 \neq H_2$). В новой ТХС такой процесс обозначается как эволюция СТТ (по классификации W. Weaver [24]). В нашей классификации СТТ относятся к гомеостатическим системам, complexity (по определению I.R. Prigogine [23] и M. Gell-Mann [22]). Эволюция гомеостатических систем, СТТ-complexity соответствует переходу из H_1 в H_2 , когда изменяются параметры КА вектора состояния биосистемы $x = x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в m -

мерном ФПС. Рассмотрим некоторые примеры такого перехода.

Напомним, что в ТХС расчет параметров КА производится на основе аналога принципа неопределенности Гейзенберга, т.е. определяется произведение вариационных размахов $\Delta x_1 \Delta x_2 = Z$, где Δx_1 – вариационный размах конкретной (i -й) координаты, а Δx_2 – вариационный размах её скорости изменения ($x_2 = dx_1/dt$). В табл. 1 мы представляем пример статистической неустойчивости 15-ти подряд полученных выборок ТМГ у одного испытуемого (в неизменном гомеостазе H_1). Очевидно, что число пар k выборок ТМГ, которые (эту конкретную пару) можно отнести к одной генеральной совокупности, весьма незначительно ($k_1 = 4$). Это показывает долю стохастики в организации тремора (менее 5% во всех опытах с повторением регистрации ТМГ). Такой результат ($k < 5\%$) доказывает отсутствие статистической устойчивости выборок ТМГ в биомеханике (это является количественной иллюстрацией эффекта Еськова-Зинченко).

3.Изменение гомеостаза как эволюционный процесс или кинематика complexity.

Переход из состояния H_1 в состояние гомеостаза H_2 сопровождается изменениями в регуляции *нервно-мышечной системы* (НМС) одного и того же испытуемого. Эти изменения можно обозначить как кинематику параметров НМС, если рассматривать движение вектора состояния биосистемы (у нас система регуляции тремора) в виде $x = x(t) = (x_1, x_2)^T$, где x_1 – реальная координата пальца (по вертикали), а $x_2(t) = dx_1/dt$ – скорость изменения координаты $x_1(t)$. В таком двумерном ФПС мы можем изучать фазовые траектории и ввести понятие *квазиаттрактора* (КА), площадь которого $S = \Delta x_1 \Delta x_2$ (произведение двух вариационных размахов). Внутри этого КА мы наблюдаем непрерывное и хаотическое изменение $x(t)$, т.е. движение $x(t)$ в виде $dx/dt \neq 0$ и непрерывного (хаотического) изменения стохастических функций распределения $f(x_i)$ для каждой i -й координаты.

Используя понятие КА, мы можем рассматривать изменение гомеостаза H как некоторое движение (изменение) КА в ФПС, т.е. можно говорить о кинематике (изменение параметров КА) сложной биосистемы (у нас НМС) под действием внешних физических факторов. В качестве таких факторов мы используем статическую нагрузку на конечность в виде $F_2=3H$ (переходим от гомеостаза H_1 в гомеостаз H_2) или используем охлаждение конечности (у нас – это погружение кисти руки на 2 минуты в воду с температурой $t=4^0C$). Такие два физических воздействия (нагрузка и охлаждение конечности) может приводить к переходу из H_1 в H_2 , т.е. изменяется гомеостатическое состояние НМС одного и того же испытуемого.

На основании понятия КА, можно ввести критерий существенных или несущественных различий в параметрах изменения положения центра *квазиаттрактора* и объемов многомерных КА. Точку отсчета для существенных изменений объемов мы будем определять как двухкратное изменение объема КА биосистемы, если мы сравниваем объем КА до воздействия (до изменений) – V_G^1 и объем КА после воздействия (изменения) – V_G^2 . Иными словами, если $1/2 \leq V_G^1/V_G^2 \leq 2$, то изменения V_G будут несущественными (например, в пределах вариационных размахов). Если же

$$V_G^1/V_G^2 \geq 2 \text{ или } V_G^1/V_G^2 \leq 0,5, \quad (1)$$

то будем говорить о существенном изменении биосистемы по параметрам объема КА. Таким образом, объем V_G^2 может уменьшиться в 2 раза (и более) или увеличиться в 2 раза (и более) по отношению к исходному V_G^1 и мы будем говорить о значимых изменениях в состоянии биосистемы по параметрам изменения объемов КА.

В многих исследованиях были получены различные виды поступательных движений КА в ФПС, один из примеров когда школьники развивались (КА двигались вправо и вверх) или размеры V_x для КА уменьшались (при старении). Так

же в наших исследованиях наблюдалось увеличение размеров V_x КА когда вешался груз на палец, с увеличением массы груза увеличивались размеры КА, или изменение размерностей КА для людей с разной степени тренированности к холоду, в зависимости от степени адаптации к холоду размерности увеличивались или уменьшались. Все такие примеры – необратимые, а заболевание – выздоровление – это пример циклической (обратимой) эволюции ВСС в ФПС. Очевидно, что новый подход в рамках ТХС для оценки статических режимов (СТТ реально не выходит за пределы своих КА) или процессов эволюции гомеостаза СТТ в ФПС, когда центр КА движется или изменяется объем КА, целесообразно использовать в практических целях. Мы сейчас продемонстрировали всего три (из сотен уже полученных) примера из геронтологии, антропологии (динамика развития роста и веса) и из восстановительной медицины при лечении *острого нарушения мозгового кровообращения* (ОНМК) при кинезотерапии. Этот подход показывает реальную эволюцию гомеостаза как изменение параметров КА в ФПС. Завершая этот параграф, можно сделать некоторые выводы. В ТХС мы различаем два типа движений: движение $x(t)$ в пределах КА (это стационарное состояние СТТ в ФПС, но она является и обычным движением в ДСП, к которому применимы все статистические методы расчета); движение КА в ФПС как эволюция СТТ. В последнем случае мы будем рассматривать движение КА в виде движения его центра и изменения объема V_G .

В целом доказано, что для сложных биосистем (СТТ - *complexity*) существуют другие понятия *стационарных режимов* (СР), которые отличны от детерминизма (когда $dx/dt=0$) и от стохастики (когда функции распределения $f(x)$ сохраняются для разных выборок). В ТХС $x(t)$ совершает непрерывное хаотическое движение, в пределах ограниченных объемов фазовых

пространств, что и представляет гомеостаз СТТ. Иными словами, гомеостаз – это неизменность параметров КА.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ «Разработка новых информационных моделей и вычислительных алгоритмов для идентификации параметров порядка в описании и прогнозах сложных медико-биологических систем», №15-41-00034 р_урал_а.

Литература

1. Белощенко Д.В., Майстренко Е.В., Алиев А.А., Сорокина Л.С. Влияние локального холодого воздействия на параметры электромиограмм тренированного испытуемого// Клиническая медицина и фармакология. 2016. Т. 2. № 3. С. 42-46.
2. Бернштейн Н.А. О построении движений - М.: Медгиз, 1947. – 254с.
3. Еськов В.М., Филатова О.Е., Хадарцева К.А., Еськов В.В. Универсальность понятия «гомеостаз»// Клиническая медицина и фармакология. 2015. № 4 (4). С. 29-33.
4. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В., Филатов М.А. Хаотический подход в новой интерпретации гомеостаза//Клиническая медицина и фармакология. 2016. Т. 2. № 3. С. 47-51.
5. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О. Е. Конец определенности: хаос гомеостатических систем // / под ред. Хадарцева А.А., Розенберга Г.С. Тула: изд-во Тульское производственное полиграфическое объединение, 2017. 596 с.
6. Зилов В.Г., Еськов В.М., Хадарцев А.А., Еськов В.В. Экспериментальное подтверждение эффекта «Повторение без повторения» Н.А. Бернштейна. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2017. – № 1. С. 4–9.
7. Филатова Д. Ю., Нифонтова О. Л., Шакирова Л. С., Шерстюк Е. С. Анализ параметров спектральной мощности вариабельности сердечного ритма детей Югры в условиях санаторного лечения// 2016. Т. 2. № 3. С. 36-41.
8. Фудин Н.А., Еськов В.М., Белых Е.В., Троицкий А.С., Борисова О.Н. Избранные медицинские технологии в работе спортивного тренера (по материалам Тульской и Сургутской научных школ) //Клиническая медицина и фармакология. 2015. № 3 (3). С. 56-61.
9. Хадарцев А. А., Беляева Е. А., Киркина Н. Ю. Система НЭБА при разных формах гипертрофии сердца//2016. Т. 2. № 3. С. 32-35.
10. Betelin, V.B., Eskov, V.M., Galkin, V.A., Gavrilenko, T.V. Document Stochastic volatility in the dynamics of complex homeostatic systems // Doklady Mathematics. – 2017. – Vol. 95, No. 1– pp. 92-94.
11. Es'kov, V.M., Filatova, O.E., Ivashenko, V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // (1994) Measurement Techniques, 37 (8), pp. 967-971.
12. Eskov, V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // (1995) Modelling, Measurement and Control C, 48 (1-2), pp. 47-63.
13. Es'kov, V.M., Filatova, O.E. Respiratory rhythm generation in rats: The importance of inhibition // (1995) Neurophysiology, 25 (6), pp. 348-353.
14. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Braginskii, M.Ya., Pashnin, A.S. Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort // (2011) Measurement Techniques, 54 (7), pp. 832-837.
15. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Gavrilenko, T.V., Zimin, M.I. Uncertainty in the quantum mechanics and biophysics of complex systems // (2014) Moscow University Physics Bulletin, 69 (5), pp. 406-411.
16. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Gavrilenko, T.V., Vochmina, J.V. Biosystem kinematics as evolution: Stationary modes and movement speed of complex systems: Complexity // (2015) Moscow University Physics Bulletin, 70 (2), pp. 140-152.

17. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Vochmina, J.V., Gavrilenko, T.V. The evolution of the chaotic dynamics of collective modes as a method for the behavioral description of living systems // (2016) Moscow University Physics Bulletin, 71 (2), pp. 143-154.
18. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Gavrilenko, T.V., Vochmina, Y.V. Document Formalization of the effect of “repetition without repetition” discovered by N.A. Bernshtein // Biophysics. – 2017. – Vol. 62, No. 1. – pp. 143-150.
19. Eskov, V.M., Bazhenova, A.E., Vochmina, U.V., Filatov, M.A., Ilyashenko, L.K. Document 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.
20. Eskov, V.M., Gudkov, A.B., Bazhenova, A.E., Kozupitsa, G.S. Document The tremor parameters of female with different physical training in the Russian north // Human Ecology. – 2017. – No. 3. – pp. 38-42.
21. Khadartsev A.A., Nesmeyanov A.A., Eskov V.M., Filatov M.A., Pab W. Fundamentals of chaos and self-organization theory in sports // Integrative Medicine International - 2017. -№4. – С.57-65.
22. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // Complexity. – 1997. – Vol. 3 - №1, – P.13-19.
23. Prigogine I. The Die Is Not Cast // Futures. Bulletin of the World Futures Studies Federation. Vol. 25. № 4, January 2000. P. 17-19.
24. Weaver W Science and Complexity. // American Scientist. 1948. P. 36: 536-544.