

В. М. Еськов, В. В. Григоренко, Н. Б. Назина

СИСТЕМЫ ТРЕТЬЕГО ТИПА В МЕДИЦИНСКОЙ КИБЕРНЕТИКЕ И БИОМЕХАНИКЕ В ЦЕЛОМ

V. M. Es'kov, V. V. Grigorenko, N. B. Nazina

MEDICAL CYBERNETICS AND BIOMECHANICS: THIRD TYPE SYSTEMS

А н н о т а ц и я. Актуальность и цели. Более 70 лет назад W. Weaver предложил общую классификацию систем в виде трех типов. В этой классификации системы третьего типа (живые системы) занимали особое место. Математический аппарат для их описания за эти 70 лет так и не был создан. Предлагаются особые свойства таких систем (в виде пяти принципов их организации) и формализованная теория (теория хаоса-самоорганизации), которая дает четкое различие между системами третьего типа и детерминистско-стохастическими системами. Последние активно изучаются сейчас в рамках функционального анализа (детерминизма) и стохастики, что, в действительности, не корректно. Объектом исследования являются системы третьего типа как сложные динамические биомедицинские системы. Предметом исследования являются методы детерминистско-стохастического подхода, а также методы теории хаоса-самоорганизации. Цель работы заключается в демонстрации существенных отличий между системами третьего типа и детерминистско-стохастическими системами. **Материалы и методы.** Для решения поставленной задачи в работе используются методы детерминистско-стохастического подхода, а также методы теории хаоса-самоорганизации. **Результаты.** Представлены новые инварианты и математические модели таких стохастически нестабильных систем в рамках новой теории хаоса-самоорганизации. Вводится понятие псевдоаттракторов и дается понятие эволюции таких систем третьего типа. **Выводы.** В связи с доказательством эффекта Еськова – Зинченко возникает глобальная неопределенность в измерении, управлении и контроле за параметрами биосистем в медицинской и биологической кибернетике с позиций функционального анализа и стохастики. Необходим переход к новой теории хаоса и самоорганизации, в которой модели систем третьего типа будут базироваться на квазиаттракторах Еськова (их параметрах и координатах центров).

A b s t r a c t. Background. More than 70 years ago, W. Weaver proposed a General classification of systems in the form of three types. In this classification, systems of the third type (living systems) occupied a special place. The mathematical apparatus for describing them has not been created for these 70 years. Special properties of such systems are proposed (in the form of 5 principles of their organization) and a formalized theory (the theory of chaos-self-organization), which gives a clear distinction between systems of the third type and deterministic-stochastic systems. The latter are now being actively studied in the framework of functional analysis (determinism) and stochastics, which, in fact, is not correct. The object of the study is the third type of system, as complex dynamic biomedical systems. The subject of the research is the methods of the deterministic-stochastic approach, as well as the methods of the chaos theory-self-organization. The purpose of the work is to demonstrate the significant differences between the third type of systems and the deterministic-stochastic systems. The object of the

study is the third type of system, as complex dynamic biomedical systems. The subject of the research is the methods of the deterministic-stochastic approach, as well as the methods of the chaos theory-self-organization. The purpose of the work is to demonstrate the significant differences between the third type of systems and the deterministic-stochastic systems. **Materials and methods.** To solve this problem, we use methods of deterministic-stochastic approach, as well as methods of chaos theory-self-organization. **Results.** New invariants and mathematical models of such stochastically unstable systems are presented in the framework of the new theory of chaos-self-organization. The concept of pseudoattractors is introduced and the concept of evolution of such systems of the third type is given. **Conclusions.** In connection with the proof of the Eskov – Zinchenko effect, there is a global uncertainty in the measurement, management and control of biosystem parameters in medical and biological Cybernetics from the standpoint of functional analysis and stochastics. We need to move to a new theory of chaos and self-organization, in which models of systems of the third type will be based on Eskov quasi-tractors (their parameters and coordinates of centers).

К л ю ч е в ы е с л о в а: хаос, стохастика, эффект Еськова – Зинченко, статика, кинематика.

К e y w o r d s: chaos, stochastics, Eskov – Zinchenko effect, statics, kinematics.

Введение

В 1948 г. впервые в истории науки W. Weaver вводит понятия о системах трех типов в природе [1]. Фактически, системы первого типа (Simplicity) – это детерминистские системы, которые описываются в рамках функционального анализа; системы второго типа (nonorganised complexity) – это системы стохастические. Особые системы третьего типа (СТТ) – живые системы (organized complexity), для которых W. Weaver не предложил никаких моделей, до настоящего времени так и не описаны [2]. СТТ в его представлениях – это система с самоорганизацией, но никаких особых свойств и особых моделей для этих систем в современной науке до настоящего времени не установлено [3].

Следуя этой логике развития науки (от детерминизма к стохастике и далее к самоорганизации), мы должны были за эти 70 лет создать новый математический аппарат, новые модели и теорию для описания особых СТТ. Однако до настоящего времени мы даже особенности СТТ не выяснили. Ввели только термин «сложность» в науку, но само это понятие не расшифровано и не изучено, нет четкого определения сложности. Более того, в современной детерминистско-стохастической науке понятие «сложность» ассоциирует с понятием динамического хаоса Лоренца. Однако эта ассоциация не совсем корректна [4, 5], так как живые системы не демонстрируют детерминированный хаос [6, 7].

Раскрытие сложности СТТ и создание нового математического аппарата для описания сложности должно совершаться в рамках построения новой теории хаоса – самоорганизации (ТХС) [8–11]. Именно в ТХС мы доказываем эффект Еськова – Зинченко (ЭЕЗ) и эффект Еськова – Филатовой (ЭЕФ). Оба этих эффекта выводят СТТ за пределы детерминистской и стохастической науки (ДСН) и требуют введения новых понятий статистики и кинематики, неопределенностей 1-го и 2-го рода, создания нового (особого) аппарата для описания этих особых, новых систем [2–9, 12]. Все это приведет в итоге к переходу в новое информационное пространство, в котором (в рамках ТХС) и будет решена общая задача системного синтеза, т.е. нахождения русел и джокеров. Подчеркнем, что в современной математике эта задача в общем виде не имеет решения (нет теории для отыскания параметров порядка, русел и джокеров, тем более для СТТ).

Системы третьего типа и ДСН

Более 70 лет назад наука пребывает в неопределенности относительно систем третьего типа по классификации W. Weaver [1]. Очевидно, что детерминистские системы (описываемые функциональным анализом) строго определены. Для них есть задача Коши (задание

начального состояния системы $x(t_0)$ и уравнений определяет любое состояние системы $x = x(t) = (x_1, x_2, \dots, x_m)$. В детерминизме точно определяется начальное состояние $x(t_0)$, есть полная определенность в движении вектора $x(t)$ в фазовом пространстве состояний (ФПС) и в его конечном состоянии ($x(t_k)$). В этом m -мерном ФПС мы все знаем и можем описывать движение $x(t)$ некоторыми уравнениями для вектора $x(t)$.

Более 200 лет назад появилась теория вероятностей и вся стохастика, в которой мы точно должны повторить начальное состояние системы $x(t_0)$, но конечное состояние системы $x(t_k)$ задается множеством точек (требуется повторение опытов). В итоге мы получаем статистические функции $f(x)$, спектральные плотности сигнала (СПС), автокорреляции и другие статистические характеристики. Все это ($f(x)$, СПС, $A(t)$ и т.д.) находится в конце процесса (после повторений), но попасть в данную точку ФПС $x(t_k)$ мы не можем точно никогда (для непрерывных случайных величин попасть в точку невозможно при повторении эксперимента). Вероятность такого попадания для непрерывной случайной величины (НСВ) в стохастике будет нулевой.

Анализируя начальные $x(t_0)$ и конечные $x(t_k)$ состояния системы, мы можем говорить о ее неизменности (для $x(t_k)$), если $f(x)$ подобны при многих повторениях процесса. Если при повторах выборки будут относиться к одной генеральной совокупности, то мы говорим о состоянии покоя системы или об изменениях системы (если меняется ее функция, распределения $f(x)$ и т.д.). Все эти критерии работают точно для систем 1-го и 2-го типов (по классификации W. Weaver). Системы третьего типа [2–11, 13–17] демонстрируют неустойчивость (отсутствие повторения) в рамках детерминизма и стохастики. Это означает, что ни начальные значения $x(t_0)$, ни конечные значения $x(t_k)$, ни выборки $x(t_k)$ в условиях многих повторений мы не можем произвольно повторить [9–17].

Это было точно доказано первоначально 20 лет назад на примере тремора и проверки гипотезы Н. А. Бернштейна о «повторении без повторений» (за год до выхода публикации W. Weaver Бернштейн попытался дать определение СТТ – это система без повторений). Но Бернштейн не доказал главные свойства СТТ. Это было доказано в эффекте Еськова – Зинченко (ЭЕЗ) в виде открытия статистической неустойчивости выборок треморограмм (ТМГ) и теппинграмм (ТПГ). Как произвольные (ТПГ), так и произвольные (ТМГ) движения не могут быть повторены в рамках стохастики [8–17].

Открытие ЭЕЗ в биомеханике и его распространение на различные другие регуляторные системы (в итоге и на гомеостаз в целом) завершает дальнейшее применение стохастики в изучении живых систем (СТТ). ЭЕЗ открыл истинную сложность СТТ, что уводит их из области динамического хаоса Лоренца, в котором мы имеем инвариативность мер (равномерное распределение) в аттракторах Лоренца. Эти аттракторы Лоренца прогнозируются и повторяются. Для СТТ-complexity мы этого не можем получить [2–9].

Наблюдается непрерывный калейдоскоп (разных) статистических функции $f(x)$, СПС, $A(t)$ для основных параметров нервно-мышечной системы (НМС), сердечно-сосудистой системы (ССС), нейросетей мозга (НСМ) и многих других параметров $x_i(t)$ организма любого человека на планете Земля. Повторять два раза подряд одну и ту же выборку (чтобы эти две соседние выборки имели одну, общую генеральную совокупность) – задача крайне сложная для любой биосистемы.

В биомеханике две соседние выборки совпадают с вероятностью $P_2 \leq 0,02$ (и меньше). Три выборки совпадают уже с вероятностью $P_3 \leq 10^{-5}$. Иными словами, это очень редкие события и их невозможно описывать в рамках ДСН, т.е. функциональный анализ и стохастика для СТТ (живых систем) будет иметь исторический характер [14–17]. Точно процесс СТТ не повторить [2–9]. И это начинается с начального условия $x(t_0)$, т.е. нет задачи Коши и нет возможности повторить даже выборку $x(t_0)$ два раза подряд. Об этом говорили древние греки (нельзя в реку войти два раза одинаково), но их за эти 2000 лет никто серьезно не воспринимал. Все ученые мира за последние 200–300 лет изучали живые системы, организмы, ретроспективно (по уже происходящему процессу). Повторить новый процесс СТТ, даже в рамках

стохастики, невозможно. Для иллюстрации этого тезиса представим две характерные таблицы (из таких сотен и тысяч им подобным). В табл.1 мы показываем матрицу парных сравнений выборок ТМГ, которые были получены от одного и того же испытуемого при 15 повторях регистрации ТМГ (по 5 с для каждой выборки). Очевидно, что число k пар ТМГ, которые имеют общую генеральную совокупность, мало ($k_1 = 3$).

Таблица 1

Матрица парного сравнения треморограмм испытуемого АНШ
(без нагрузки, число повторов $n = 15$)

	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	0,00	0,00	0,00	0,00
3	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
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	0,00	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	0,00	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	0,01	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	0,01	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,51	0,00	0,00	0,01	0,70
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51		0,00	0,00	0,00	1,00
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	0,00	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	0,01	0,00	0,00		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	1,00	0,00	0,00	

Примечание. Использовался критерий Вилкоксона (значимость $p < 0,05$, число совпадений $k_1 = 3$).

В табл. 2 мы демонстрируем таблицу парных уравнений выборок КИ, которые регистрировались не более 5 мин (по 300 КИ в каждой выборке) для одного и того же испытуемого. В итоге число k_2 статистически совпадающих пар тоже не велико ($k_2 = 10$), что доказывает ЭЗЗ; для ЕСС. Нет статистической устойчивости для подряд полученных выборок как у одного человека (см. табл. 1 и 2), так и у группы испытуемых. Было несколько сотен построенных матриц вида табл. 2 для группы из 15 испытуемых, где $k_3 < 15$.

Таблица 2

Матрица парного сравнения кардиоинтервалов испытуемого ВОА
(без нагрузки, число повторов $n = 15$),

	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	
2	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,40	0,00	0,60	0,00
3	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,08	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		0,03	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	0,03		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,05	0,08	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,19	0,02	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	0,19		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,32	0,00	0,35	0,00
12	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32		0,00	0,84	0,00
13	0,00	0,00	0,72	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
14	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,84	0,00		0,00
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	

Примечание. Использовался критерий Вилкоксона (значимость $p < 0,05$, число совпадений $k_2 = 10$).

В живой природе выборки не повторяемы (и они не однородны), а это означает, что любая выборка параметров системы имеет исторический (ретроспективный) характер. Происходят «повторения без повторений», как и предполагал Н. А. Бернштейн в 1947 г. Тогда какие инварианты надо искать для стационарных режимов СТТ (и что такое стационарный режим для СТТ). Наши модели дают инварианты для k , которые различаются между одним физиологическим состоянием СТТ и другим (истинно другим, не в рамках стохастики!) [14–17].

Можно ли вообще различать покой и движения для СТТ? Сейчас разрабатывается новая теория хаоса – самоорганизации (ТХС), в которой вводится понятие квазиаттрактора Еськова (КАЕ) и вводится понятие неопределенностей 1-го и 2-го типов [2–9]. Понятие неопределенности 2-го типа имеет аналогию с принципом неопределенности Гейзенберга [1–5] и активно используется в ТХС. Понятие КАЕ базируется на понятии определяемых границ для движения вектора состояния биосистем $x(t)$ в ФПС [2–9].

Например, в биомеханике мы можем рассчитать вариационные размахи для координаты $x_1(t)$, т.е. положения конечности в пространстве, и для скорости $x_2 = dx_1/dt$. В таком двумерном ФПС любая треморограмма имеет фазовый портрет, который ограничен прямоугольником с площадью $S = \Delta x \cdot \Delta x$.

На тысячах примеров для ТМГ и ТПГ мы показали, что S для КАЕ является инвариантом для данного испытуемого, находящегося в данных условиях. При изменении физиологических условий изменяется величина S и координаты центра КАЕ в ФПС. В ТХС можно количественно рассматривать S и координаты x_i^c центра КАЕ для ТМГ, ТПГ, электромиограмм (ЭМГ), электронейрограмм (ЭНГ), электроэнцефалограмм (ЭЭГ) и многих других параметров x_i вектора состояния СТТ-complexity. В неизменном состоянии организма это будут инварианты, мы наблюдаем эволюцию СП в ФПС, если эти S и x_i^c изменяются.

Измерение параметров СТТ в ТХС

Учитывая ЭЕЗ и необходимость выборок СТТ, возникает закономерный вопрос о возможности измерения стационарных состояний биосистемы или их изменении. Поэтому при измерении и мониторинге СТТ мы работаем с различными выборками $x(t)$ (необходимость выбора состояния биосистемы $x(t) = (x_1, x_2 \dots x_m)$ в ФПС). В ТХС разработаны методы измерений состояния покоя и истинного движения $x(t)$ системы [2–9]. Покой СТТ характеризуется хаосом выборок x_i (изменяющихся $f(x)$, СПС, $A(t)$ и т.д.), но при этом мы регистрируем статистическую устойчивость параметров КАЕ и координат центров КАЕ (x_i^c) [12–16].

Это означает, что, например, при 15 повторных регистрациях выборок ТМГ или КИ мы получаем выборки S для КАЕ и координаты центров x_i^c . Далее мы еще повторяем 14 серий таких выборок (по 15 выборок с каждой серии), и все полученные выборки S и x_i^c должны статистически (между собой для всех 15 серий) существенно не различаться. Фактически выборки S и x_i^c являются инвариантами для данного стационарного состояния человека или целой группы обследуемых [13–17].

Состояния истинного покоя для $x(t)$ мы оцениваем по статистической устойчивости выборок S для КАЕ и x_i^c . Как тогда находить истинное движение $x(t)$ в ФПС, если его «мерцание» хаотично? Оказалось, что движение x_i^c в пределах исходного КАЕ является фактически покоем. При этом внутри этого КАЕ статические функции, СПС и $A(t)$ непрерывно и хаотически изменяются, а параметры S и x_i^c статистически не изменяются. Как тогда описывать кинематику СТТ-complexity? В ТХС предложены математические инструменты для этого. Разработаны критерии, которые основаны на движении КАЕ в ФПС. В ТХС наблюдается: площадь нового КАЕ² (в случае существенного изменения СТТ) изменяется в 2 раза. Если $S_2 \geq 2S_1$, или $S_2 \leq 0,5 S_1$, то СТТ испытывает существенные изменения. Считается, что СТТ участвует в эволюционных изменениях, это является сигналом для начала заболевания (или выздоровления), появления эффекта действия других факторов на СТТ или нескольких этих факторов [16]. Такие изменения характеризуют эволюцию СТТ-complexity в ФПС и они отличаются от непрерывного хаоса СПС, $f(x)$, $A(t)$. Все эти характеристики и величины при этом могут даже не изменяться существенно или хаотически изменяться (в пределах КАЕ).

Во многих случаях (особенно в медицине, при болезни пациента и последующем его выздоровлении) площади КАЕ могут и не изменяться, но при этом сам квазиаттрактор движется в ФПС. Эти движения оцениваются как движение центра x_i^c в ФПС. Для таких движений предложена процедура расчета скорости движения U_d и ускорения a_d . В целом, мы в этих случаях говорим о полноценной кинематике КАЕ в ФПС [1–6]. Тогда реальное движение КАЕ может характеризовать развитие процесса заболевания (или выздоровления), что является важной характеристикой в медицине.

Напомним, что в современной теории хаоса движение измеряется параметром $f(x)$, СПС и $A(t)$, что затрудняет различия между истинным изменением функций организма (рассматривается в ТХС) и движением вектора $x(t)$ в ФПС (в пределах КАЕ). Статистика, как мы это делаем с ТХС, дает мгновенные состояния организма, как мы это доказали в ТХС по хаосу выборок x_i .

В ТХС мы оперируем с понятием эволюции СТТ, когда КАЕ просто изменяются по размерам или движутся в ФПС. Эволюция для СТТ является важной характеристикой при мониторинге СТТ и измерении параметров $x(t)$ биосистемы [1–9]. В рамках ДСН мы уже не можем объективно оценивать покой (не изменчивость) параметров x биосистемы. Все изменения СТТ можно наблюдать с применением статистики и кинематики (изменения) СТТ-complexity в рамках ТХС. Возникает особая сложность в измерениях, управлении и контроле параметров реальных биосистем (СТТ).

Заключение и выводы

В связи с доказательством ЭЕЗ возникает глобальная неопределенность в измерении, управлении и контроле за параметрами биосистем в медицинской и биологической кибернетике с позиций функционального анализа и стохастики.

При непрерывном и хаотическом изменении статических функций распределения $f(x)$, СПС, $A(x)$ и других характеристик СТТ сама биосистема находится в покое, нет физиологических изменений гомеостаза и функциональных систем, которые этот гомеостаз обеспечивают.

Возникают неопределенности 1-го и 2-го типов [2–17], которые ДСН не может преодолеть в принципе. Необходим переход к новой теории хаоса и самоорганизации, в которой модели СТТ будут базироваться на квазиаттракторах Еськова (их параметрах и координатах центров). В статике эти S (или V) и x_i^c не будут изменяться существенно. Их выборки принадлежат одной генеральной совокупности, т.е. статистически они не изменяются и могут служить индикаторами покоя СТТ при измерении, мониторинге параметров x_i (вектора состояния биосистемы $x(t)$). При существенных изменениях биосистемы мы можем зарегистрировать двумерные изменения площади S для КАЕ (число V) или наблюдать движение КАЕ в ФПС. Это движение КАЕ в ФПС обозначается как эволюция и для нее можно рассчитать скорость U_d и ускорения a_d .

Исследования проводятся в рамках прикладных научных исследований при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по теме: «Математическое моделирование процесса принятия решений сложных динамических систем» (уникальный идентификатор проекта № 18-07-00175 А).

Библиографический список

1. *Eskov, V. M. Uncertainty in the quantum mechanics and biophysics of complex systems / V. M. Eskov, V. V. Eskov, T. V. Gavrilenko, M. I. Zimin // Moscow university physics bulletin. – 2014. – Vol. 69 (5). – P. 406–411. – DOI 10.3103/S002713491405004X.*
2. *Eskov, V. M. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems / V. M. Eskov, T. V. Gavrilenko, V. V. Kozlova, M. A. Filatov // Measurement techniques. – 2012. – Vol. 55 (9). – P. 1096–1101. – DOI 10.1007/S11018-012-0082-0.*
3. *Betelin, V. B. Stochastic volatility in the dynamics of complex homeostatic systems / V. B. Betelin, V. M. Eskov, V. A. Galkin, T. V. Gavrilenko // Doklady Mathematics. – 2017. – Vol. 95 (1). – P. 92–94. DOI 10.1134/S1064562417010240.*
4. *Eskov, V. M. Characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states / V. M. Eskov, V. V. Eskov, O. E. Filatova // Measurement techniques. – 2011. – Vol. 53 (12). – P. 1404–1410. – DOI 10.1007/S11018-011-9673-4.*

5. *Eskov, V. M.* Computer technologies in stability measurements on stationary states in dynamic biological systems / V. M. Eskov, S. V. Kulaev, Yu. M. Popov, O. E. Filatova // *Measurement techniques*. – 2006. – Vol. 49 (1). – P. 59–65. – DOI 10.1007/S11018-006-0063-2.
6. Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as voluntary movements / V. M. Eskov, T. V. Gavrilenko, Y. V. Vokhmina, M. I. Zimin, M. A. Filatov // *Measurement techniques*. – 2014. – Vol. 57 (6). – P. 720–724. – DOI 10.1007/S11018-014-0525-X.
7. *Eskov, V. V.* Phenomenon of statistical instability of the third type systems – complexity / V. V. Eskov, T. V. Gavrilenko, V. M. Eskov, Y. V. Vokhmina // *Technical physics*. – 2017. – Vol. 62 (11). – P. 1611–1616. – DOI 10.1134/S106378421711007X.
8. *Zilov, V. G.* Experimental Verification of the Bernstein Effect «Repetition without Repetition» / V. G. Zilov, V. M. Eskov, A. A. Khadartsev, V. V. Eskov // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2017. – Vol. 163 (1). – DOI 10.1007/S10517-017-3723-0.
9. *Eskov, V. M.* The evolution of the chaotic dynamics of collective modes as a method for the behavioral description of living systems / V. M. Eskov, V. V. Eskov, J. V. Vochmina, T. V. Gavrilenko // *Moscow university physics bulletin*. – 2016. – Vol. 71 (2). – P. 143–154. – DOI 10.3103/S0027134916020053.
10. *Eskov, V. M.* Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort / V. M. Eskov, V. V. Eskov, M. Ya. Braginskii, A. S. Pashnin // *Measurement techniques*. – 2011. – Vol. 54 (7). – P. 832–837. – DOI 10.1007/S11018-011-9812-Y.
11. *Eskov, V. M.* Measuring biomechanical parameters of human extremity tremor / V. M. Eskov, V. A. Papshev, V. V. Eskov, D. A. Zharkov // *Measurement techniques*. – 2003. – Vol. 46 (1). – P. 93–99. – DOI 10.1023/A:1023482026679.
12. *Grigorenko, V.* Process Automation of Statistical Uncontrollability Prediction for Parameters of Dynamic Biomedical Systems / V. Grigorenko, V. Mikshina, N. Nazina // *Proceedings International Russian Automation Conference (RusAutoCon)*. – Sochi, 2018. – P. 874–878.
13. *Eskov, V. M.* Models of hierarchical respiratory neuron networks / V. M. Eskov // *Neurocomputing*. – 1996. – Vol. 11 (2-4). – P. 203–226. – DOI 10.1016/0925-2312(95)00048-8.
14. *Eskov, V. M.* Computer identification of compartmental neuron circuits / V. M. Eskov, O. E. Filatova, V. P. Ivashenko // *Measurement techniques*. – 1994. – Vol. 37 (8). – P. 967–971. – DOI 10.1007/BF00977157.
15. *Zilov, V. G.* Experimental Study of Statistical Stability of Cardiointerval Samples / V. G. Zilov, A. A. Khadartsev, V. V. Eskov, V. M. Eskov // *Bulletin of experimental biology and medicine*. – 2017. – Vol. 164 (2). – P. 115–117. – DOI 10.1007/S10517-017-3937-1.
16. Shannon entropy in the research on stationary regimes and the evolution of complexity / V. M. Eskov, V. V. Eskov, Y. V. Vochmina, D. V. Gorbunov, L. K. Ilyashenko // *Moscow University Physics Bulletin*. – 2017. – Vol. 72 (3). – P. 309–317. – DOI 10.3103/S0027134917030067.
17. *Vokhmina, Y. V.* Measuring order parameters based on neural network technologies / Y. V. Vokhmina, V. M. Eskov, T. V. Gavrilenko, O. E. Filatova // *Measurement techniques*. – 2015. – Vol. 58 (4). – P. 462–466. – DOI 10.1007/S11018-015-0735-X.

References

1. Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Zimin M. I. *Moscow university physics bulletin*. 2014, vol. 69 (5), pp. 406–411. DOI 10.3103/S002713491405004X.
2. Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Kozlova V. V., Filatov M. A. *Measurement techniques*. 2012, vol. 55 (9), pp. 1096–1101. DOI 10.1007/S11018-012-0082-0.
3. Betelin V. B., Eskov V. M., Galkin V. A., Gavrilenko T. V. *Doklady Mathematics*. 2017, vol. 95 (1), pp. 92–94. DOI 10.1134/S1064562417010240.
4. Eskov V. M., Eskov V. V., Filatova O. E. *Measurement techniques*. 2011, vol. 53 (12), pp. 1404–1410. DOI 10.1007/S11018-011-9673-4.
5. Eskov V. M., Kulaev S. V., Popov Yu. M., Filatova O. E. *Measurement techniques*. 2006, vol. 49 (1), pp. 59–65. DOI 10.1007/S11018-006-0063-2.
6. Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Vokhmina Y. V., Zimin M. I., Filatov M. A. *Measurement techniques*. 2014, vol. 57 (6), pp. 720–724. DOI 10.1007/S11018-014-0525-X.
7. Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Eskov V. M., Vokhmina Y. V. *Technical physics*. 2017, vol. 62 (11), pp. 1611–1616. DOI 10.1134/S106378421711007X.
8. Zilov V. G., Eskov V. M., Khadartsev A. A., Eskov V. V. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2017, vol. 163 (1). DOI 10.1007/S10517-017-3723-0.
9. Eskov V. M., Eskov V. V., Vochmina J. V., Gavrilenko T. V. *Moscow university physics bulletin*. 2016, vol. 71 (2), pp. 143–154. DOI 10.3103/S0027134916020053.
10. Eskov V. M., Eskov V. V., Braginskii M. Ya., Pashnin A. S. *Measurement techniques*. 2011, vol. 54 (7), pp. 832–837. DOI 10.1007/S11018-011-9812-Y.

11. Eskov V. M., Papshev V. A., Eskov V. V., Zharkov D. A. *Measurement techniques*. 2003, vol. 46 (1), pp. 93–99. DOI 10.1023/A:1023482026679.
12. Grigorenko V., Mikshina V., Nazina N. *Proceedings International Russian Automation Conference (RusAutoCon)*. Sochi, 2018, pp. 874–878.
13. Eskov V. M. *Neurocomputing*. 1996, vol. 11 (2-4), pp. 203–226. DOI 10.1016/0925-2312(95)00048-8.
14. Eskov V. M., Filatova O. E., Ivashenko V. P. *Measurement techniques*. 1994, vol. 37 (8), pp. 967–971. DOI 10.1007/BF00977157.
15. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Eskov V. M. *Bulletin of experimental biology and medicine*. 2017, vol. 164 (2), pp. 115–117. DOI 10.1007/S10517-017-3937-1.
16. Eskov V. M., Eskov V. V., Vochmina Y. V., Gorbunov D. V., Ilyashenko L. K. *Moscow University Physics Bulletin*. 2017, vol. 72 (3), pp. 309–317. DOI 10.3103/S0027134917030067.
17. Vokhmina Y. V., Eskov V. M., Gavrilenko T. V., Filatova O. E. *Measurement techniques*. 2015, vol. 58 (4), pp. 462–466. DOI 10.1007/S11018-015-0735-X.

Еськов Валерий Матвеевич

доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий отделом биофизики
и нейрокибернетики,
Научно-исследовательский институт
системных исследований
Российской академии наук
(Россия, г. Москва, Нахимовский пр-т, 36)
E-mail: firing.squad@mail.ru

Es'kov Valeriy Matveevich

doctor of physical and mathematical sciences,
professor,
head of department of biophysics
and neurocybernetics,
Research Institute for System Research
of the Russian Academy of Sciences
(36 Nakhimovsky avenue, Moscow, Russia)

Григоренко Виолетта Вячеславовна

старший преподаватель,
кафедра информатики и вычислительной техники,
Сургутский государственный университет
(Россия, г. Сургут, ул. Ленина, 1)
E-mail: grigv_84@mail.ru

Grigorenko Violetta Viacheslavovna

senior lecturer,
sub-department of computer science
and engineering,
Surgut State University
(1 Lenina street, Surgut, Russia)

Назина Нина Борисовна

доцент,
кафедра информатики и вычислительной техники,
Сургутский государственный университет
(Россия, г. Сургут, ул. Ленина, 1)
E-mail: nnb60@mail.ru

Nazina Nina Borisovna

associate professor,
sub-department of computer science
and engineering,
Surgut State University
(1 Lenina street, Surgut, Russia)

Образец цитирования:

Еськов, В. М. Системы третьего типа в медицинской кибернетике и биомеханике в целом / В. М. Еськов, В. В. Григоренко, Н. Б. Назина // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2020. – № 2 (32). – С. 72–79. – DOI 10.21685/2307-5538-2020-2-9.