

III. МАТЕМАТИКА В ОПИСАНИИ ХАОСА И СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

DOI: 10.12737/2306-174X-2025-2-52-61

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОСИСТЕМ НУЖДАЕТСЯ В НОВОМ ПОНИМАНИИ

В.М. ЕСКОВ¹, М.А. ФИЛАТОВ², Т.В. ГАВРИЛЕНКО², С.А. ТРЕТЬЯКОВ³

¹НИЦ «Курчатовский институт» Сургутский филиал ФГУ «ФНЦ Научно-исследовательский институт системных исследований», Сургут, ул. Энергетиков, 4, Сургут, Россия, 628400

²БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

³ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ, ул. Одесская, д. 54, г. Тюмень, Россия, 625023

Аннотация. Усилия трех выдающихся ученых в 40-х годах 20-го века привели к проверке возможностей дальнейшего использования стохастики в изучении и моделировании параметров биосистем. Было доказано отсутствие статистической устойчивости выборок параметров в биомеханике, а затем и других параметров функций человека. В итоге был доказан эффект Еськова-Зинченко для любых параметров $x_i(t)$ организма, которые образуют вектор состояния организма $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в m -мерном фазовом пространстве состояний. В итоге мы приходим к необходимости создания новых моделей и новой теории для описания статистически неустойчивых биосистем. Тем самым реализуется гипотеза W.Weaver о системах третьего типа, которую он выдвинул в 1948 г.

Ключевые слова: тремор, псевдоаттрактор, неопределенность 2-го типа, эффект Еськова-Зинченко.

MATHEMATICAL MODELING OF BIOSYSTEMS NEEDS A NEW UNDERSTANDING

V.M. ESKOV¹, M.A. FILATOV², T.V. GAVRILENKO², S.A. TRETYAKOV³

¹Kurchatov Institute NRC "Federal Research Center Scientific Research Institute for System Research", Separate Subdivision of the Federal Scientific Center NII SI RAS in Surgut, 4, Energetikov Street, Surgut, Russia, 628426

²Surgut State University, Lenin Ave., 1, Surgut, Russia, 628408

³Tyumen State Medical University of the Ministry of Health of Russia, st. Odesskaya, 54, Tyumen, Russia, 625023

Abstract. The efforts of three outstanding scientists in the 40s of the 20th century led to the verification of the possibilities of further using stochastics in the study and modeling of parameters of biosystems. The lack of statistical stability of parameter samples in biomechanics, and then other parameters of human functions, was proved. As a result, the Eskov-Zinchenko effect was proved for any parameters $x_i(t)$ of the organism, which form the vector of the state of the organism $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ in the m -dimensional phase space of states. As a result, we come to the need to create new models and a new theory to describe statistically unstable biosystems. Thus, the hypothesis of W. Weaver is realized on the third type of system, which he put forward in 1948.

Key words: tremor, pseudoattractor, type 2 uncertainty, Eskov-Zinchenko effect.

Введение. В 40-х годах 20-го века выходят три замечательные работы, которые пытались обратить внимание физиков и математиков на специфику поведения биосистем. В первой работе Е. Schrodinger [1] ставит вопрос о редукции живых систем (познаваемы ли они с

позиций физики?). Вторая работа Н.А. Бернштейна [2] формирует гипотезу о «повторении без повторений» в биомеханике. Наконец, в третьей публикации W.Weaver представляет общую классификацию всех систем в живой природе в живой и неживой природе.

W. Weaver впервые в истории развития науки выделяет все живые системы в отдельный класс: системы третьего типа (СТТ) [3]. Эти СТТ по мнению W. Weaver не являются детерминистскими или стохастическими системами, для как для них необходимо построить другую теорию и другие математические модели. Эта другая теория должна была особым образом описывать СТТ, но за эти более 70 лет такая теория для СТТ не была построена. Все биосистемы сейчас изучаются в рамках стохастики.

Очевидно, что для построения новой теории необходимо было доказать особые свойства СТТ и тогда уже пытаться их описывать. Эти новые свойства были открыты 20-25 лет назад и они проявляются в отсутствии статистической устойчивости выборок параметров организма сначала в биомеханике [11-12, 18, 22, 24], а затем и во всей биологии и медицины [10, 12, 16, 17, 36, 37-39]. Это получило название эффекта Еськова-Зинченко (ЭЭЗ), который действительно выходит за рамки детерминистской и стохастической науки (ДСН) и требует создания новых моделей и новой теории для описания СТТ [10-20].

1. Гипотезы, которые не подтверждались более 70 лет. В своей работе E. Schrodinger [1] впервые пытался выполнить редукцию, т.е. поставил проблему в описании живых систем с позиций физики. Позже V.L. Ginzburg включил эту проблему в список трех «великих» проблем физики (проблема возрастания энтропии, проблема интерпретации квантовой механики и проблема редукции-связь физики и биологии). Подчеркнем, что нобелевский лауреат, физик V.L. Ginzburg выделял эту проблему в особо важную и пока никем не решаемую.

Одновременно, 2-й нобелевский лауреат Roger Penrose особым образом выделял системы, которые статистически неустойчивы: «Что означает “вычислимость”, когда в качестве входных и выходных данных допускаются непрерывно изменяющиеся параметры?» [5]. Одновременно два других нобелевских лауреата (I.R. Prigogine [4] и M. Gell-Mann

[6]) доказывали, что динамические модели (вы рамках детерминистского подхода) не могут описывать биосистемы. Они возлагали большие надежды (вместе с выдающимся американским физиком J.A. Wheeler [8, 9]) на динамический хаос Лоренца. Однако как мы показали теперь [11-20, 22-39] эти надежды не оправдались. В аттракторах Лоренца нет непрерывного изменения статистических функций, что характерно для ЭЭЗ.

Таким образом, сейчас можно констатировать, что гипотеза Н.А. Бернштейна [2] о «повторении без повторений» в биомеханике и гипотеза W. Weaver [3] о системах третьего типа действительно доказаны в рамках ЭЭЗ. Статистическая неустойчивость выборок треморограмм (ТМГ) и теппинграмм (ТПГ), о которых мы будем говорить ниже, выводит СТТ (живые системы) за пределы ДСН! Эти СТТ невозможно описывать в рамках не только стохастики, но и динамического хаоса Лоренца [10-17, 22-39]. Необходим новый аппарат и новые модели для описания и моделирования статистической неустойчивости СТТ [10-20]. Один из возможных путей развития новой теории – это разработка теории хаоса-самоорганизации (ТХС), которая описывает СТТ в рамках анализа принципа неопределенности Гейзенберга и нового понятия «псевдоаттрактора» [10-21].

Целью исследования является введение биологического аналога принципа неопределенности Гейзенберга в биомеханику и демонстрация его (метода) работы на примере эффекта Еськова-Зинченко (статистической неустойчивости параметров треморограм при многократных измерениях постурального тремора у одного испытуемого в двух разных гомеостазах $H_1 \neq H_2$).

Организация и методы исследования. В данном исследовании мы представляем результаты многократных регистраций треморограм у каждого из 15-ти испытуемых (женщины, средний возраст 31 год), которые регулярно занимаются спортом (не ниже 1-го взрослого разряда и стаж этих занятий не менее 10-и лет). Эти спортсмены регулярно (не менее 3-х раз в

неделю) занимаются физическими упражнениями (не менее 1-го часа, и более).

Методы исследования. Регистрация постурального тремора осуществлялась с помощью измерительного комплекса на базе токовых датчиков и металлической пластины, которая жестко крепится к пальцу испытуемого. Данный измерительный комплекс был уже ранее описан нами [12-17], поэтому отметим только, что он имеет высокую точность регистрации движений (погрешность измерения координаты $x_1(t)$ не более 0,01 мм, а частотный диапазон охватывает от 0 Гц до 1000 Гц включительно).

Период T квантования регистрируемых *тремограмм* - ТМГ $T=0,01$ сек (с помощью аналогово-цифрового преобразователя, что снижает верхнюю границу регистрации $x_1(t)$ по частоте, но и этих 100 Гц вполне достаточно, т.к. в наших исследованиях амплитудно-частотные характеристики тремора не выходили за пределы 1-20 Гц) и в каждом файле ТМГ мы имеем не менее 500 точек для первой фазовой координаты $x_1(t)$. По специальной (официально зарегистрированной) программе мы рассчитывали скорость изменения $x_1(t)$ в виде $x_2(t)=dx_1/dt$ и строили фазовые портреты в координатах вектора $x(t)=(x_1, x_2)^T$ для всех ТМГ, полученных в каждом измерении. Всего для каждого испытуемого, находящегося в одном (неизменном) состоянии (гомеостазе), мы строили 225 фазовых портретов для 15-ти серий экспериментов с 15-ю повторами регистрации выборок ТМГ в каждой такой серии (по 500 точек в каждой такой выборке ТМГ для одного испытуемого). В этом случае мы одновременно проверяем гипотезу Н.А. Бернштейна «о повторении без повторений» [10-20] и доказываем эффект Еськова-Зинченко [11-20] в биомеханике (который сейчас мы распространяем и на различные другие биосистемы [22-39]).

Одновременно наша программа ЭВМ рассчитывала параметры полученных псевдоаттракторов, которые представляли аналог принципа неопределенности

Гейзенберга (из квантовой механики). Напомним, что для сопряженных величин $x_1(t)$ и $p=mx_2(t)$, где m -масса частицы, Гейзенберг записал неравенство $\Delta x_1 \times \Delta p \geq h/4\pi$. Если массу частицы перенести в правую часть (и считать ее неизменной), то мы получим $\Delta x_1 \times \Delta x_2 \geq h/4\pi m = Z$, где Z - некоторая константа (для конкретной частицы с ее массой m). Мы постулируем, что в биомеханике тоже имеется неопределенность для фазовых координат, но в виде $Z_{min} < \Delta x_1 \times \Delta x_2 < Z_{max}$, где Z_{min} и Z_{max} - некоторые константы (характеризуют состояние нервно-мышечной системы конкретного человека в конкретном (неизменном) гомеостазе), а Δx_1 и Δx_2 представляют вариационные размахи по этим фазовым координатам (для данного испытуемого) [11-19] (фактически Δx_1 - это интервал неопределенности в изменении x_i для конкретного испытуемого в конкретном гомеостазе H_i).

Более подробно формализация этого подхода изложена в ряде наших публикаций [11, 12, 16-17, 30-35]. Существенно, что для биомеханических систем (например, тремора) мы никогда не получим повтора начального состояния $x(t_0)$ в момент $t=t_0$ и нет произвольного повтора статистических функций распределений $f(x)$ для получаемых подряд у одного испытуемого выборок ТМГ. Однако, для конкретного (неизменного) гомеостаза легко получить одинаковые (в новом смысле этого слова, т.е. с позиции ТХС) параметры *псевдоаттракторов* (ПА) треморограмм. Именно ПА и должны (в новой теории хаоса-самоорганизации - ТХС) представлять гомеостаз НМС или его изменения, если человек реально переходит из одного гомеостаза H_1 в другой гомеостаз $H_2 (H_1 \neq H_2)$.

Количественные критерии изменения гомеостаза НМС (как и других функциональных систем организма - ФСО человека) нами были представлены ранее в ряде публикаций [11, 12, 22-39]. Поэтому мы только кратко опишем методику расчета эволюции гомеостаза НМС. Количественный критерий эволюции основан на выходе нового псевдоаттрактора $ПА_2$ за пределы

исходного $ПА_1$ ($ПА_2$ должен покинуть $ПА_1$ в ФПС) или при двукратном (и более) изменении объема (у нас сейчас это площади S псевдоаттракторов) $ПА_2$ по отношению к исходному $ПА_1$. Именно это мы сейчас и будем демонстрировать в наших исследованиях на конкретных примерах с испытуемыми, находящимися в различных физических условиях (т.е. различных гомеостазах).

В качестве изменений таких физических условий мы предлагаем испытуемым груз весом $F_2=3H$, который крепится к пальцу (с пластиной) и который существенно изменял всю биомеханическую систему. До некоторого времени критерием таких изменений традиционно в стохастике были статистические функции $f(x)$ получаемых выборок ТМГ или их *спектральные плотности сигнала* (СПС), или их автокорреляции $A(t)$. Все эти статистические характеристики у нас рассчитывались для всех испытуемых (для $f(x)$, СПС, $A(t)$) и при этом мы получали хаотический калейдоскоп их значений [3-6, 26-30]. Тогда возникает главная проблема всего естествознания (и биомеханики в частности): какие из этих характеристик и функций брать, что мы вообще использовали в биологии и медицине до настоящего времени? Разовые (уникальные) выборки и их статистические характеристики? Ответы на эти вопросы мы демонстрируем в наших полученных результатах исследований с позиции новой ТХС [11-18, 28-39]. На стохастическую неустойчивость неоднократно обращал внимание Г.Р. Иваницкий [21] и I.R. Prigogine [4], однако описание таких систем не выходило за рамки детерминизма и стохастики.

Результаты исследования. Прежде всего необходимо подчеркнуть, что мы не можем повторить произвольно две выборки подряд, как относящиеся к одной генеральной совокупности, не только в рамках сравнений статистических функций распределения $f(x)$, т.е. в виде $f_j(x_i)=f_{j+1}(x_i)$ для любых j -х и $j+1$ -х выборок, но мы не можем произвольно получить и две одинаковые спектральные плотности

сигнала таких двух выборок. В качестве иллюстрации этого тезиса приводим общий итог сравнения 15-ти серий выборок ТМГ у спортсмена, где представлены число $k=4$ пар совпадений (статистических, т.е. такие две выборки отнесли к одной генеральной совокупности) выборок k_{lj} ($j=1, 2, \dots, 15$) без нагрузки (а $k_2=8$ с нагрузкой $F_3=3H$). Подчеркнем, что речь идет в целом о 15-ти матрицах пар сравнения ТМГ у одного человека (в неизменном гомеостазе H_1) исходно с $F_1=0$, а затем с $F_2=3H$, где тоже рассчитывались 15 матриц парных выборок ТМГ.

Это означает, что если мы 15 раз подряд у одного и того же испытуемого, находящегося в одинаковом гомеостазе H_1 (его организм якобы без изменений) получим 15 ТМГ, то для этих 15-ти выборок ТМГ мы можем рассчитать одну матрицу парных сравнений выборок (см. табл. 1). Затем мы повторяем такие серии j -раз ($j=1, \dots, 15$) и получим сначала 15 матриц для $F_1=0$, и затем 15 матриц для $F_2=3H$ (и так для каждого испытуемого, по 30 серий – матриц парных сравнений выборок, подобных табл.1, где $k_1=4$). Результат общего расчета таких повторов для каждого испытуемого всегда дает $k_2 > k_{1j}$. Далее для этих ТМГ мы рассчитывали СПС, и автокорреляции $A(t)$. Оказалось, что эти 15 СПС будут тоже демонстрировать статистическую неустойчивость (т.е. их (СПС) статистические функции $f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$). Для матрицы, аналогичной табл. 1, но с нагрузкой $F_2=3H$ мы получили $k_2=8$ ($k_2=2k_1$). Однако для СПС и $A(t)$ значения k_3 и k_4 (для этих же выборок ТМГ) дают более высокие значения (но всегда меньше 50%).

В качестве примера из одной серии (из 15-ти ТМГ), полученных ТМГ у одного испытуемого, мы представляем матрицу парных сравнений выборок СПС (см. табл. 2). В такой матрице парные сравнения СПС обычно дают число k статистических пар, которые можно отнести к одной генеральной совокупности, не более 30% (от общего числа независимых пар сравнения СПС 105 пар). В табл. 2 представлен пример одной из 15-ти таких матриц для испытуемого БАЕ в спокойном

состоянии (без нагрузки), здесь для СПС $k_3=29$.

Таблица 1

Пример матрицы парного сравнения треморограмм испытуемого БАЕ (без нагрузки, число повторов N=15), использовался критерий Вилкоксона (значимость $p<0,05$, число совпадений $k_1=4$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		,00	,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	0,13	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	0,00	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	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	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	0,77
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,68	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	0,68		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	

Таблица 2

Пример матрицы парного сравнения спектральной плотности треморограмм испытуемого БАЕ (без нагрузки, число повторов N=15), использовался критерий Вилкоксона (значимость $p<0,05$, число совпадений $k_3=29$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,00	0,10	0,35	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
2	0,00		0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,11	0,07	0,52	0,10	0,98	0,00	0,00
3	0,00	0,07		0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,01	0,76	0,55	0,01	0,31	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	0,10	0,00	0,00	0,00		0,50	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
6	0,35	0,00	0,00	0,00	0,50		0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92
7	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03		0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,43
8	0,00	0,01	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,69	0,21	0,00	0,11	0,01	0,00
9	0,00	0,11	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00		0,03	0,14	0,97	0,21	0,00	0,00
10	0,00	0,07	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69	0,03		0,57	0,02	0,36	0,16	0,00
11	0,00	0,52	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,14	0,57		0,09	0,48	0,01	0,00
12	0,00	0,10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,97	0,02	0,09		0,29	0,00	0,00
13	0,00	0,98	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,21	0,36	0,48	0,29		0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,16	0,01	0,00	0,00		0,00
15	0,08	0,00	0,00	0,00	0,33	0,92	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Аналогичные расчеты и проверки парных сравнений были выполнены для автокорреляций $A(t)$ для всех 15-ти серий, состоящих из 15-ти выборок ТМГ, которые приблизительно демонстрируют такую же картину. В качестве характерного примера это представлено в табл. 3 для той же выборки 15-ти ТМГ у того же испытуемого БАЕ. Это наибольшее значение $k_4=41$ из всех 15-ти серий сравнения $A(t)$. Таким образом не только статистические функции хаотически изменяются и их $f_j(x_i) \neq f_{j+1}(x_i)$, но и СПС, автокорреляции $A(t)$ для таких

выборки ТМГ тоже будут показывать статистическую неустойчивость. Выборки ТМГ получаются уникальными (произвольно неповторимыми) для одного испытуемого, находящегося в одном гомеостазе H_1 . Получить подряд совпадение двух (соседних) выборок (их статистических функций распределений, т.е. чтобы $f_j(x_i) = f_{j+1}(x_i)$) – задача крайне сложная (вероятность p_1 такого события для $f(x)$ будет $p_1 < 0,01$ для ТМГ, для СПС $p_2 \leq 0,4$, для $A(t)$ $p_3 \leq 0,2$, именно $p_3 < 0,2$ мы имеем в табл. 3).

Таблица 3

Пример матрицы парного сравнения автокорреляции $A(t)$ треморограмм испытуемого БАЕ (без нагрузки, число повторов $N=15$), использовался критерий Вилкоксона (значимость $p<0,05$, число совпадений $k_4=41$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,11	0,90	0,00	0,00	0,55	0,00	0,76	0,37	0,10	0,54	0,08	0,00	0,01	0,00
2	0,11		0,65	0,03	0,00	0,08	0,00	0,48	0,07	0,04	0,65	0,01	0,00	0,13	0,00
3	0,90	0,65		0,00	0,00	0,16	0,00	0,74	0,35	0,01	0,93	0,02	0,00	0,09	0,00
4	0,00	0,03	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56	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	0,55	0,08	0,16	0,00	0,00		0,00	0,09	0,63	0,20	0,35	0,60	0,01	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,10	0,33	0,00	0,09	0,74	0,00	0,24
8	0,76	0,48	0,74	0,00	0,00	0,09	0,00		0,12	0,01	0,78	0,04	0,00	0,01	0,00
9	0,37	0,07	0,35	0,00	0,00	0,63	0,10	0,12		0,87	0,16	0,63	0,08	0,00	0,02
10	0,10	0,04	0,01	0,00	0,00	0,20	0,33	0,01	0,87		0,01	0,86	0,26	0,00	0,06
11	0,54	0,65	0,93	0,00	0,00	0,35	0,00	0,78	0,16	0,01		0,02	0,00	0,01	0,00
12	0,08	0,01	0,02	0,00	0,00	0,60	0,09	0,04	0,63	0,86	0,02		0,51	0,00	0,03
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,74	0,00	0,08	0,26	0,00	0,51		0,00	0,21
14	0,01	0,13	0,09	0,56	0,00	0,00	0,00	0,01	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	0,24	0,00	0,02	0,06	0,00	0,03	0,21	0,00	

Такая хаотическая закономерность у нас получилась для всех испытуемых (для одного гомеостаза H_1) при многократных повторах измерений (несколько тысяч выборок у разных испытуемых). Именно по этой причине мы были вынуждены перейти к расчетам на фазовой плоскости вектора $x(t) = (x_1, x_2)^T$, т.к. статистика дает очень низкий процент идентичности (при статистических сравнениях) выборок с вероятностями $p_1 < 0,01$ или $p_2 < 0,05$. Это говорит о статистической неустойчивости ТМГ. Внешний вид фазовых портретов в этом случае представлен на рис.1, где 1-А – фазовый портрет треморограммы без нагрузки ($F_1=0$), 1-В – с нагрузкой $F_2=3H$. Очевидно, что движение $x(t)$ в этом ФПС не носит предсказуемый характер (нет прогноза), но при этом площадь S псевдоаттрактора будет все-таки ограничена некоторым прямоугольником в координатах $x_1(t)$ и $x_2(t)$ – скорость изменения $x_1(t)$. Напомним, что площадь S для ПА находится по формуле $S = \Delta x_1 \cdot \Delta x_2$, где Δx – вариационный размах (по 1-й и 2-й фазовым координатам) [10-20]. На рис. 1 имеем $S_1 = 0,23 \times 10^{-6}$ у.е. и $S_2 = 1,30 \times 10^{-6}$ у.е., что почти в 6 раз различается ($S_2 \approx 6S_1$). Для оценки хаоса в динамике поведения ТМГ мы должны использовать другие критерии

сравнения псевдоаттракторов, которые были представлены нами ранее в ряде публикаций [11-19]. В рамках ТХС мы должны проверять кратность изменения площади ПА для одного и того же испытуемого, находящегося в двух разных состояниях гомеостаза (H_1 (без нагрузки) и H_2 (с нагрузкой $F_2=3H$)). В наших исследованиях мы можем говорить о различиях гомеостаза НМС без нагрузки – H_1 и о гомеостазе H_2 при нагрузке (в F_2) конечности. Для доказательства различий (т.е. что бы $H_2 \neq H_1$) мы должны сравнивать (см. табл. 4) средние значения площадей $\langle S_1 \rangle = 0,27 \times 10^{-6}$ у.е. и $\langle S_2 \rangle = 1,63 \times 10^{-6}$ у.е. по всем 15-ти сериям опытов. Поскольку мы такие расчеты проделывали для всех 15-ти серий экспериментов с каждым испытуемым, то можно представить характерную сводную таблицу сравнения средних площадей псевдоаттракторов одного испытуемого до нагрузки и после нагрузки в F_2 . Эти результаты мы даем в виде табл. 4, где можно сравнить все средние значения площадей псевдоаттракторов $\langle S_1 \rangle$ до нагрузки (во всех 15-ти сериях опытов) и значения площадей ПА в виде среднего значения $\langle S_2 \rangle$ при нагрузке на конечность в $F_2=3H$. Для испытуемого БАЕ (типовой пример).

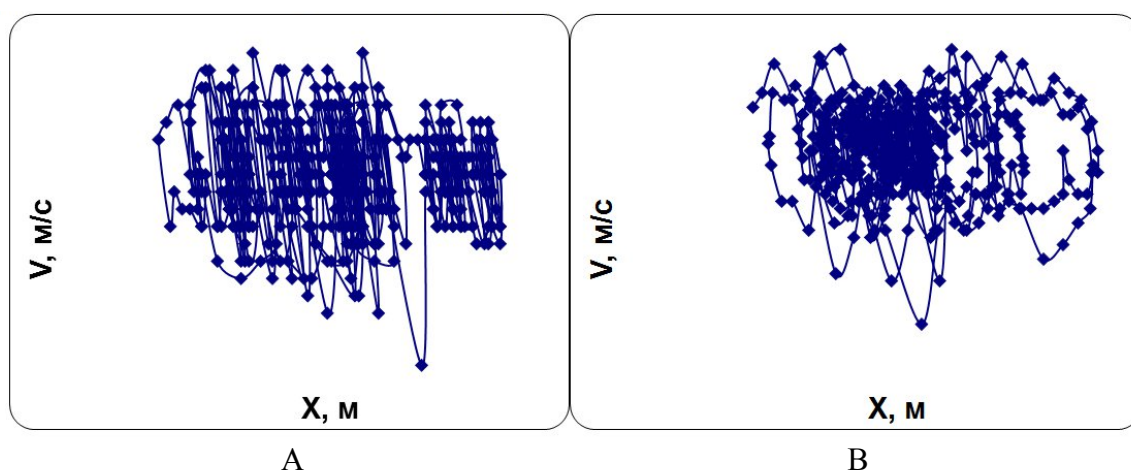


Рис. 1. Фазовые портреты движения пальцев руки испытуемого БАЕ: А - без нагрузки (площадь ПА $S_1=0,23 \cdot 10^{-6}$ у.е.), В – с нагрузкой $3H$ (площадь ПА $S_2=1,30 \cdot 10^{-6}$ у.е.)

Легко видеть, что такая сводная таблица дает четкие представления о различиях (обычно в 6-7 раз, т.е. $\langle S_2 \rangle / \langle S_1 \rangle \approx 6$) для этих двух типов ПА (до нагрузки, $F_1=0$, и при нагрузке в $F_2=3H$). Подчеркнем, что это один результат из всего множества других измерений (испытуемые – спортсмены). При этом могут быть разные числа и для матриц СПС и $A(t)$, и разные реальные величины $\langle S_1 \rangle$ и $\langle S_2 \rangle$ для каждого отдельного испытуемого, но общая тенденция остается неизменной. Всегда величины $\langle S_2 \rangle$ в 5-7 раз больше, чем $\langle S_1 \rangle$ для любого испытуемого (причем изменения S_2 по отношению к S_1 кратные (в разы!)). Однако у не спортсменов различия между S_1 и S_2 были более значительные.

Парные сравнения площадей псевдоаттракторов S_1 и S_2 демонстрируют увеличение площади S_2 при нагрузке в $F_2=3H$, что может быть индикатором различий именно в этих двух (разных) гомеостатических состояниях (с нагрузкой – S_2 и без нагрузки – S_1). Однако, сами результаты существенно варьируют от одного испытуемого к другому. Более того, они различаются между тренированными испытуемыми (спортсмены) и испытуемыми без физической подготовки (это представляет другой блок наших исследований). Поскольку все матрицы (см. пример табл.1) показывают низкие значения стохастических совпадений ($k \leq 5$ для ТМГ), т.е. парные сравнения выборок

демонстрируют хаос статистических функций $f(x)$, то иных методов выявления различий в современной науке нет. Мы предлагаем использовать расчет параметров ПА при оценке различий гомеостаза (когда $H_1 \neq H_2$), т.к. стохастика не применима в данных условиях (если только не рассчитывать матрицы типа табл. 1).

В целом, расчет площадей псевдоаттракторов S испытуемых, находящихся в разных физиологических состояниях, может быть маркером различий гомеостаза, т.е. индикации $H_1 \neq H_2$. Выполнить это в рамках традиционной стохастики – задача невыполнимая (из-за непрерывного изменения статистических функций $f(x)$, СПС, $A(t)$ для ТМГ у одного испытуемого, находящегося в неизменном состоянии (одном гомеостазе H_1 или H_2).

Обсуждение. Детальное исследование гипотезы Н.А. Бернштейна о «повторении без повторений» [11-20] приводит современную стохастическую науку в области биомеханики к эффекту Еськова-Зинченко [18, 22-35]. В этом случае доказывается, что любые две выборки (например, треморограмм в наших исследованиях) не могут произвольно статистически совпадать. Вероятность p совпадения выборок ТМГ (и их статистических функций, т.е. чтобы $f_j(x_i) = f_{j+1}(x_i)$) не превышает для постурального тремора $p \leq 0,01$, а величина $k=5\%$ (среднее число $k \approx 4\%$).

Среднее значение площади S псевдоаттракторов выборок треморограмм испытуемого БАЕ при повторах эксперимента в виде 15-ти серий (S_1 – до нагрузки, S_2 – при нагрузке $F_2=3H$, число серий $N=15$, число повторов измерений ТМГ в каждой серии $n=15$)

№	S_1 (y.e.)	S_2 (y.e.)
1	0,08	1,16
2	0,19	1,02
3	0,22	1,30
4	0,34	1,84
5	0,70	3,34
6	0,20	0,68
7	0,13	0,61
8	0,30	1,73
9	0,30	1,73
10	0,45	4,33
11	0,06	0,73
12	0,27	0,86
13	0,09	1,53
14	0,33	1,16
15	0,38	2,41
<S>	0,27	1,63

Одновременно, для подряд получаемых выборок ТМГ, их СПС и их автокорреляций $A(t)$ также нет возможностей показывать статистическую устойчивость (т.е. их статистическое совпадение произвольно невозможно).

В рамках разрабатываемой сейчас теории хаоса-самоорганизации вводится аналог принципа неопределенности Гейзенберга [11, 16, 22-35] в биомеханике (и во всю биомедицину в целом), который позволяет для одной биосистемы, находящейся в одном гомеостазе, рассчитывать параметры псевдоаттрактора (у нас это площади S , которые определяются как произведение вариационных размахов по координате x_1 и $x_2=dx_1/dt$). В таком двумерном ФПС становится возможным представлять процесс, как хаотическое движение вектора $x(t) = (x_1, x_2)^T$, но в пределах ограниченной области ФПС, которую обозначают как *псевдоаттрактор* – ПА [11-16]. Отметим, что математическое моделирование матриц парных сравнений выборок и расчетов таких ПА становится возможным в рамках компартментно-кластерного подхода (ККП), который был разработан в конце 20-го века. ККП дает возможность моделировать неустойчивость выборок, что

невозможно получить в рамках стохастики [22-25].

Внутри ПА вектор $x(t)$ совершает непрерывные и хаотическое движение так, что подряд получаемые статистические функции для выборок ТМГ с вероятностью $p \geq 0,99$ нельзя считать одинаковыми (такие две выборки нельзя отнести к одной генеральной совокупности). Это особый хаос гомеостатических систем, который отличается от динамического хаоса Лоренца (нет свойства перемешивания) [22-34]. Оказалось, что параметры ПА (в виде площадей ПА) могут количественно характеризовать гомеостаз человека (и его изменения). В рамках новой теории хаоса-самоорганизации мы приходим к неопределенности второго типа [22-35], когда выборки непрерывно и хаотически изменяются, а параметры псевдоаттракторов ТМГ остаются неизменными (с позиции ТХС) [11-20, 22-35]. Очевидно, что ПА можно построить для одной выборки, тогда нет необходимости повторять измерения (в одном гомеостазе) и находить матрицы парных сравнений (аналогичных табл. 1-3)

Заключение.

Спектральные плотности сигнала, автокорреляции $A(t)$ получаемых подряд выборок ТМГ у одного испытуемого (в

одном гомеостазе, вместе с их статистическими функциями распределения $f(x)$ непрерывно и хаотично изменяются. Вероятность совпадения двух (подряд) получаемых выборок для ТМГ не превышает $p < 0,01$. На фоне требований стохастической неизменности (для отнесения выборок к одной генеральной совокупности) в пределах доверительной вероятности $p \geq 0,95$ это ничтожно малая величина и это означает крайне низкую эффективность применения различных стохастических методов в биомеханике [11-19, 22-26, 32-35, 38].

Из-за такой неопределенности 2-го типа (в виде эффекта Еськова-Зинченко) мы вынуждены перейти к расчету параметров псевдоаттракторов. Фактически, в ТХС, вводится биологический аналог принципа неопределенности Гейзенберга, который накладывает ограничения на сопряженные величины (x_1 и $x_2 = dx_1/dt$). Это позволяет определять состояние гомеостаза каждого (конкретного) человека, что в стохастике уже невозможно точно выполнять. В этих случаях расчет параметров псевдоаттракторов обеспечивает идентификацию гомеостаза (неизменность параметров НМС с позиции новой ТХС), который в рамках современной, традиционной науки рассматривается как хаотичный калейдоскоп статистических функций распределения $f(x)$ якобы неизменного (гомеостатического) состояния функций организма испытуемых (у нас – это биомеханическая система).

В рамках нового понятия о неопределенности 2-го типа вводится понятие статичности (неизменности) состояния гомеостаза для НМС или ее (НМС) изменений. Последнее может быть представлено как некоторая эволюция (переход от гомеостаза H_1 к H_2) в системе регулирования движением, когда $H_2 \neq H_1$ из-за кратного различия площадей псевдоаттракторов ($\langle S_2 \rangle / \langle S_1 \rangle \approx 6$). При этом и матрицы парных сравнений выборок (у нас ТМГ) тоже различаются (но это требует многократных повторений опытов, что весьма трудоемко – расчет одного ПА проще и надежнее). В нашем примере мы

имеем почти шестикратное увеличение S_2 для ПА в гомеостазе H_2 и это в ТХС классифицируется как эволюция $x(t)$ в ФПС [10-16, 22-35].

Литература

1. Schrödinger E. What Is Life? The Physical Aspect of the Living Cell. / Cambridge university press, 1944. – 198 p. ISBN-13: 978-1107604667
2. Bernstein N.A. The coordination and regulation of movements // Oxford, New York, Pergamon Press. 1967. 196 p.
3. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Vol. 36, №4. – Pp. 536-544.
4. Prigogine I.R. The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature (Free Press, 1996).
5. Penrose R. Newton, quantum theory and reality. In: Hawking, S.W. Israel, W.: 300 Years of Gravity. Cambridge University Press: Cambridge. – 1987.
6. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // Complexity. – 1997. – Vol. 3(1). – Pp. 13-19.
7. Wheeler J.A. Information, physics, quantum: the search for links. In Feynman and Computation: Exploring the Limits of Computers, ed A.J.G. HeyCambridge, MA: Perseus Books, 1999. –309 p.
8. Wheeler J.A. The universe as home for man American Institute of Physics Press, Woodbury: New York, 1996. – 365 p.
9. Ginzburg V.L. What problems of physics and astrophysics seem now to be especially important and interesting (thirty years later, already on the verge of XXI century)? // Physics-Uspekhi. – 1999. – Vol. 42. – Pp. 353-373.
10. Galkin V.A., Gavrilenko T.V., Gazya G.V., Filatov M.A. Models of uncertainty in the framework of compartment-cluster theory for research of instability biosystems // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 981 (2022) 032004 doi:10.1088/1755-1315/981/3/032004
11. Еськов В.В. Математическое моделирование гомеостаза и эволюции

- complexity: монография. Тула: Издательство ТулГУ, 2016. – 307 с.
12. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Филатова Д.Ю., Башкатова Ю.В. Хаос параметров гомеостаза сердечно-сосудистой системы человека / Самара: Изд-во ООО «Порто-Принт», 2018. – 312 с.
13. Еськов В.В., Башкатова Ю.В., Шакирова Л.С., Веденеева Т.С., Мордвинцева А.Ю. Проблема стандартов в медицине и физиологии // Архив клинической медицины. – 2020. – Т. 29, № 3. – С. 211-216.
14. Eskov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. The connectedness between past and future states of biosystems? // AIP Conference Proceedings 2467, 080027 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0095266>
15. Filatova O.E., Galkin V.A., Eskov V.V., Filatov M.A., Gavrilenko T.V. Warren Weaver's Complexity and Fuzziness of Lotfi A. Zadeh Leading to Uncertainty in Biosystem Study // AIP Conference Proceedings 2467, 060046 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0092442>
16. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Complexity: хаос гомеостатических систем / Под ред. Г.С. Розенберга. Самара: Изд-во ООО «Порто-принт», 2017. – 388 с.
17. Пятин В. Ф., Еськов В.В. Может ли быть статичным гомеостаз? // Успехи кибернетики. – 2021.– Т. 2, №1. – С. 41-49.
18. Filatov M.A., Poluhin V.V., Shakirova L.S. Identifying objective differences between voluntary and involuntary motion in biomechanics. // Human. Sport. Medicine. – 2021. – Vol. 21 (1). – Pp. 145-149.
19. Filatova, O.E., Maistrenko, E.V., Boltaev, A.V., Gazyu, G.V. The influence of industrial electromagnetic fields on cardio-respiratory systems dynamics of oil-gas industry complex female workers // Ecology and Industry of Russia. – 2017. – Vol. 21(7). – Pp. 46–51
20. Зимин М.И., Пятин В.Ф., Филатов М.А., Шакирова Л.С. Что общего между «Fuzziness» L. A. Zadeh и «Complexity» W. Weaver в кибернетике. // Успехи кибернетики. – 2022, – 3(3). – С.102-112.
21. Иваницкий Г.Р. XXI век: что такое жизнь с точки зрения физики // УФН. – 2010. – Т. 180, № 4. – С. 337-369.
22. Хадарцева К. А., Филатова О. Е. Новое понимание стационарных режимов биологических систем. // Успехи кибернетики. – 2022. – 3(3).– С. 92-101.
23. Газя Г.В., Газя Н.Ф., Еськов В.М. Проблема выбора инвариант в биокибернетике с позиции статистики // Успехи кибернетики. – 2022. – 3(4).– С. 102-109.
24. Еськов В.В., Газя Г.В., Коннов П.Е. Фундаментальные проблемы биокибернетики из-за неустойчивости выборок биосистем // Успехи кибернетики. – 2022. – 3(4).– С. 110-122.
25. Филатова О.Е., Филатов М.А., Воронюк Т.В., Музиева М.И. Квантовомеханический подход в электрофизиологии // Успехи кибернетики. – 2023. – 4(2). – С. 68-77.
26. Еськов В.В., Газя Г.В., Кухарева А.Ю. Потеря однородности группы – вторая «великая» проблема биомедицины // Успехи кибернетики. – 2023. – 4(2). – С. 78-84.
27. Еськов В.М., Филатов М.А., Газя Г.В., Стратан Н.Ф. Возможности создания искусственного интеллекта на базе искусственных нейросетей // Успехи кибернетики. – 2021. – 2(3). – Стр. 44-52. DOI: 10.51790/2712-9942-2021-2-3-6
28. Коннов, П. Е., Мельникова Е. Г., Кухарева А. Три парадигмы естествознания // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – № 2. – С. 28-37.
29. Galkin, V.A., Gavrilenko, T.V., Eskov, V.M., Kukhareva, A.Y. (2023). Three «Great Challenges» of Medical Informatics. In: Silhavy, R., Silhavy, P. (eds) Networks and Systems in Cybernetics. CSOC 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 723. P.328-337. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35317-8_30

30. Еськов В.М., Филатов М.А., Воронюк Т.В., Самойленко И.С. Модели эвристической работы мозга и искусственный интеллект // Успехи кибернетики. – 2023. – Т. 4, № 4. – С. 32-40.
31. Filatov, M.A., Kuhareva, A., Gazya, N.F., Voronyuk, T.V., Samoillenko, I.S. Possibilities of Applying Entropy in Biomechanics // In: Silhavy, R., Silhavy, P. (eds) Artificial Intelligence Algorithm Design for Systems. Lecture Notes in Networks and Systems. CSOC 2024. – Vol. 1120. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-70518-2_13
32. Бетелин В.Б., Галкин В.А., Еськов В.М. Специфика хаоса *СТТ-complexity* – новое представление хаоса биосистем // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2024. – № 2. – С.85-95.
33. Еськов В.М., Филатов М.А., Воронюк Т.В., Газя Н.Ф. Фундаментальные свойства систем третьего типа – биосистем // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2024. – № 3. – С.5-14.
34. Газя Г.В., Газя Н.Ф., Еськов В.В., Манина Е.А. Непредсказуемость и неопределенность создают реальную Complexity // Успехи кибернетики. – 2024. – Т. 5, № 2. – С. 97-102.
35. Еськов В.М., Филатов М.А., Воронюк Т.В., Мельникова Е.Г., Кухарева А.Ю. Проблема необратимости в квантовой механике и в живых системах // Успехи кибернетики. – 2024. – Т. 5, № 3. – С. 50-55.
36. Коннов П.Е., Соколова А.А., Воронюк Т.В., Самойленко И.С., Музиева М.И. Кардио-респираторная система жителей Югры при неинфекционных заболеваниях // Вестник новых медицинских технологий. – 2024. – Т. 31, № 1. – С. 95-98.
37. Еськов В.М., Пятин В.Ф., Башкатова Ю.В. Медицинская и биологическая кибернетика: перспективы развития. // Успехи кибернетики. – 2020. – Т.1, №1. – С. 64-72.
38. Еськов В.М., Филатов М.А., Гавриленко Т.В., Третьяков С.А. Физико-математическое понятие сложного// Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2024. – № 3. – С.48-56.
39. Добрынина И.Ю., Козлова В.В., Майстренко Е.В., Самойленко И.С., Кухарева А.Ю. Возможности и вызовы в кардиологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2024. – №4. – С.28-38.

References

1. Schrödinger E. What Is Life? The Physical Aspect of the Living Cell. / Cambridge university press, 1944. – 198 p. ISBN-13: 978-1107604667
2. Bernstein N.A. The coordination and regulation of movements // Oxford, New York, Pergamon Press. 1967. 196 p.
3. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Vol. 36, №4. – Pp. 536-544.
4. Prigogine I.R. The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature (Free Press, 1996).
5. Penrose R. Newton, quantum theory and reality. In: Hawking, S.W. Israel, W.: 300 Years of Gravity. Cambridge University Press: Cambridge. – 1987.
6. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // Complexity. – 1997. – Vol. 3(1). – Pp. 13-19.
7. Wheeler J.A. Information, physics, quantum: the search for links. In Feynman and Computation: Exploring the Limits of Computers, ed A.J.G. HeyCambridge, MA: Perseus Books, 1999. –309 p.
8. Wheeler J.A. The universe as home for man American Institute of Physics Press, Woodbury: New York, 1996. – 365 p.
9. Ginzburg V.L. What problems of physics and astrophysics seem now to be especially important and interesting (thirty years later, already on the verge of XXI century)? // Physics-Uspekhi. – 1999. – Vol. 42. – Pp. 353-373.
10. Galkin V.A., Gavrilenko T.V., Gazya G.V., Filatov M.A. Models of uncertainty in the framework of compartment-cluster theory for research of instability biosystems // IOP Conf. Series: Earth and

- Environmental Science 981 (2022) 032004 doi:10.1088/1755-1315/981/3/032004
11. Eskov V.V. Matematicheskoe modelirovanie gomeostaza i evolyucii complexity: monografiya. Tula: Izdatel'stvo TulGU, 2016. – 307 s.
12. Eskov V.V., Pyatin V.F., Filatova D.Yu. Bashkatova Yu.V. Haos parametrov gomeostaza serdechno-sosudistoj sistemy cheloveka / Samara: Izd-vo OOO «Porto-Print», 2018. – 312 s.
13. Eskov V.V., Bashkatova Yu.V., Shakirova L.S., Vedeneeva T.S., Mordvinceva A.Yu. Problema standartov v medicine i fiziologii // Arhiv klinicheskoy mediciny. – 2020. – T. 29, № 3. – S. 211-216.
14. Eskov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. The connectedness between past and future states of biosystems? // AIP Conference Proceedings 2467, 080027 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0095266>
15. Filatova O.E., Galkin V.A., Eskov V.V., Filatov M.A., Gavrilenko T.V. Warren Weaver's Complexity and Fuzziness of Lotfi A. Zadeh Leading to Uncertainty in Biosystem Study // AIP Conference Proceedings 2467, 060046 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0092442>
16. Eskov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Complexity: haos gomeostaticeskikh sistem / Pod red. G.S. Rozenberga. Samara: Izd-vo OOO «Porto-print», 2017. – 388 s.
17. Pyatin V. F., Eskov V.V. Mozhet li byt' statichnym gomeostaz? // Uspekhi kibernetiki. – 2021. – T. 2, №1. – S. 41-49.
18. Filatov M.A., Poluhin V.V., Shakirova L.S. Identifying objective differences between voluntary and involuntary motion in biomechanics. // Human. Sport. Medicine. – 2021. – Vol. 21 (1). – Pp. 145-149.
19. Filatova, O.E., Maistrenko, E.V., Boltaev, A.V., Gazya, G.V. The influence of industrial electromagnetic fields on cardio-respiratory systems dynamics of oil-gas industry complex female workers // Ecology and Industry of Russia. – 2017. – Vol. 21(7). – Pp. 46–51
20. Zimin M.I., Pyatin V.F., Filatov M.A., Shakirova L.S. Chto obshchego mezhdru «Fuzziness» L. A. Zadeh i «Complexity» W. Weaver v kibernetike. // Uspekhi kibernetiki. – 2022, – 3(3). – S.102-112.
21. Иваницкий Г.Р. XXI век: что такое жизнь с точки зрения физики // УФН. – 2010. – Т. 180, № 4. – С. 337-369.
22. Hadarceva K. A., Filatova O. E. Novoe ponimanie stacionarnykh rezhimov biologicheskikh sistem. // Uspekhi kibernetiki. – 2022. – 3(3). – S. 92-101.
23. Gazya G.V., Gazya N.F., Eskov V.M. Problema vybora invariant v biokibernetike s pozicii statistiki // Uspekhi kibernetiki. – 2022. – 3(4). – S. 102-109.
24. Eskov V.V., Gazya G.V., Konnov P.E. Fundamental'nye problemy biokibernetiki iz-za neustojchivosti vyborok biosistem // Uspekhi kibernetiki. – 2022. – 3(4). – S. 110-122.
25. Filatova O.E., Filatov M.A., Voronyuk T.V., Muzieva M.I. Kvantovomekhanicheskij podhod v elektrofiziologii // Uspekhi kibernetiki. – 2023. – 4(2). – S. 68-77.
26. Eskov V.V., Gazya G.V., Kuhareva A.Yu. Poterya odnorodnosti gruppy – vtoraya «velikaya» problema biomediciny // Uspekhi kibernetiki. – 2023. – 4(2). – S. 78-84.
27. Eskov V.M., Filatov M.A., Gazya G.V., Stratan N.F. Vozmozhnosti sozdaniya iskusstvennogo intellekta na baze iskusstvennykh nejrosetej // Uspekhi kibernetiki. – 2021. – 2(3). – Str. 44-52. DOI: 10.51790/2712-9942-2021-2-3-6
28. Konnov, P. E., Mel'nikova E. G., Kuhareva A. Tri paradigmy estestvoznaniya / // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2023. – № 2. – S. 28-37.
29. Galkin, V.A., Gavrilenko, T.V., Eskov, V.M., Kukhareva, A.Y. (2023). Three «Great Challenges» of Medical Informatics. In: Silhavy, R., Silhavy, P. (eds) Networks and Systems in Cybernetics. CSOC 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 723. R.328-337.Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35317-8_30
30. Eskov V.M., Filatov M.A., Voronyuk T.V., Samojlenko I.S. Modeli

- evristicheskoy raboty mozga i iskusstvennyj intellekt // Uspekhi kibernetiki. – 2023. – T. 4, № 4. – S. 32-40.
31. Filatov, M.A., Kuhareva, A., Gazya, N.F., Voronyuk, T.V., Samoillenکو, I.S. Possibilities of Applying Entropy in Biomechanics // In: Silhavy, R., Silhavy, P. (eds) Artificial Intelligence Algorithm Design for Systems. Lecture Notes in Networks and Systems. CSOC 2024. – Vol. 1120. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-70518-2_13
32. Betelin V.B., Galkin V.A., Eskov V.M. Specifika haosa STT-complexity – novoe predstavlenie haosa biosistem // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2024. – № 2. – S.85-95.
33. Eskov V.M., Filatov M.A., Voronyuk T.V., Gazya N.F. Fundamental'nye svoystva sistem tret'ego tipa – biosistem // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2024. – № 3. – S.5-14.
34. Gazya G.V., Gazya N.F., Eskov V.V., Manina E.A. Nepredskazuemost' i neopredelennost' sozdayut real'nuyu Complexity // Uspekhi kibernetiki. – 2024. – T. 5, № 2. – S. 97-102.
35. Eskov V.M., Filatov M.A., Voronyuk T.V., Mel'nikova E.G., Kuhareva A.Yu. Problema neobratimosti v kvantovoj mekhanike i v zhivykh sistemakh // Uspekhi kibernetiki. – 2024. – T. 5, № 3. – S. 50-55.
36. Konnov P.E., Sokolova A.A., Voronyuk T.V., Samojlenko I.S., Muzieva M.I. Kardio-respiratornaya sistema zhitelej Yugry pri neinfekcionnykh zabolevaniyakh // Vestnik novykh medicinskih tekhnologij. – 2024. – T. 31, № 1. – S. 95-98.
37. Eskov V.M., Pyatin V.F., Bashkatova Yu.V. Medicinskaya i biologicheskaya kibernetika: perspektivy razvitiya. // Uspekhi kibernetiki. – 2020. – T.1, №1. – S. 64-72.
38. Eskov V.M., Filatov M.A., Gavrilenko T.V., Tret'yakov S.A. Fiziko-matematicheskoe ponyatie slozhnogo// Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2024. – № 3. – S.48-56.
39. Dobrynina I.Yu., Kozlova V.V., Majstrenko E.V., Samojlenko I.S., Kuhareva A.Yu. Vozmozhnosti i vyzovy v kardiologii // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2024. – №4. – S.28-38.