

### III. МАТЕМАТИКА В ОПИСАНИИ ХАОСА И СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

DOI: 10.12737/18815

#### ХАОТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ТРЕМОРОГРАММ ПРИ МНОГОКРАТНЫХ ПОВТОРАХ ИЗМЕРЕНИЙ

Д.К. БЕРЕСТИН, Н.А. ЧЕРНИКОВ, Т.Ю. ПОСКИНА, Е.С. ПОТЕТЮРИНА

*БУ ВО «Сургутский государственный университет»,  
пр. Ленина д.1., г. Сургут, Россия, 628400*

**Аннотация.** Выполнена проверка статистической устойчивости (или неустойчивости) выборок треморограмм для 15-ти серий опытов по 15 выборок в каждой серии экспериментов. Доказано, что процент стохастичности, в виде числа  $k$  совпадений пар выборок треморограмм, крайне низок (среднее  $\langle k_1 \rangle = 2$  для треморограмм). Одновременно рассчитывались значения  $\langle k_2 \rangle$  для амплитудно-частотных характеристик, где  $\langle k_2 \rangle = 24$ . Расчёт параметров квазиаттракторов доказывает их стохастическую устойчивость, т.к. матрица из 105 пар сравнений площадей квазиаттракторов (выборок) приближается к 96%. Это эквивалентно детерминированному хаосу у которого высокое значение инвариантности мер (равномерное распределение). Квазиаттракторы реально представляют гомеостатическое состояние системы регуляции тремора, обычная статистика этого представить не может (мы имеем хаос функций распределения).

**Ключевые слова:** матрица парных сравнений, квазиаттрактор, амплитудно-частотная характеристика.

#### CHAOTIC DYNAMICS OF AMPLITUDE-FREQUENCY CHARACTERISTICS TREMOROGRAPH MULTIPLE REPETITIONS OF THE MEASUREMENT

D.K. BERESTEN, N.A. CHERNIKOV, T.Y. POSKINA, E.S. POTETYRINA

*Surgut State University, Lenina, 1, Surgut, Russia, 628400*

**Abstract.** It was investigated the statistical stability (or instability) of samples tremorogram for 15 series of experiments on 15 samples in each series of experiments. It is proved that the percentage of stochastics in the form of a number  $k$  of matches partybook tremorogram is extremely low (average  $\langle k_1 \rangle = 2$  for tremorogram). At the same time it was calculated the values of  $\langle k_2 \rangle$  for the amplitude-frequency characteristics, where  $\langle k_2 \rangle = 24$ . Calculation of parameters of quasi-attractors proves their stochastic stability, since the matrix of 105 pairs of congruences of squares (samples) is approaching to 96%. This is equivalent to the deterministic chaos which has a high value invariance measures (a uniform distribution). Quasiattractors really present the tremor regulatory system table state and ordinary statistics the result can not realize (we have chaos of statistic distribution function).

**Key words:** the matrix of pairwise comparisons, quasiattractor, amplitude-frequency characteristic.

**Введение.** Проблемы двигательной активности человека занимали первое место среди многогранных интересов Н.А. Бернштейна, который впервые открыл системные закономерности микродвижений

и биомеханических движений в целом. Его утверждения о целостной структуре в организации деятельности *нервно-мышечной системы* (НМС) человека ориентировали исследователей на разработку системно-

структурного подхода в изучении строения и функций различных систем движений, высокой дифференциации элементов, на изучение разнообразия избирательных форм отношений между ними в живом движении [13-20]. Вместо недостаточно точного понятия «движения человека» в работах Н.А. Бернштейна получили признание «системы движений». Двигательный состав и смысловая структура движений, изложенные в довольно общем виде в учебнике Бернштейна Н.А. ещё в 1946 г., приобрели углубленное содержание, вошедшее в последующие учебники для физкультурных вузов. Сейчас изучение движений человека не обходится без использования методов с одной стороны классической механики и биологии, а с другой стороны и психофизиологии движений [1-4,6-9].

Человеческому телу присуще выполнение двух типов движений: произвольных и непроизвольных. К произвольным – относятся движения, которые формируются в процессе жизнедеятельности, в том числе и в спорте (сознательные движения). В их осуществлении участвуют кора головного мозга, экстрапирамидная система и сегментарный аппарат спинного мозга [2-5].

Регуляция активных движений осуществляется за счет согласованной деятельности двух двигательных систем: фазической и тонической. Тоническая система обеспечивает управление мышечным тонусом, который в норме охраняет суставы от избыточных движений, а сами мышцы от избыточных сокращений и растяжений. Управление активными движениями осуществляется за счет фазической системы. Обе системы связаны обратной связью: при повышении активности тонической системы, активность фазической снижается и наоборот [11-15].

Рука является основным рабочим органом у человека. Причем для выполнения конкретной двигательной задачи, очень часто ведущим обычно является положение кисти. Дистальный конец верхней конечности, благодаря большому числу степеней свободы, способен оказаться в определённый момент в заданном месте пространства, начиная движение из различных исходных положений. В спорте высших достижений, особенно в таких игровых видах как волейбол и баскетбол, важную роль в эф-

фективности результата играет точно скоординированные движения обеих рук и туловища в целом в пространстве и во времени. Это сложная биомеханическая задача [10-14,24], изучение которой можно начать с сохранения позы, в частности, с изучения тремора как простейшей поструральной (поза точки иной задачи) задачи.

#### **Объекты и методы исследования.**

Были проведены 15 серий экспериментов, в которых замеряли тремор в виде *треморограмм* (ТМГ) у одного и того же испытуемого 15 раз подряд в каждой серии. Время регистрации  $T=5$  сек., период квантования всех треморограмм  $t=10$  мсек. Затем было произведено попарное сравнение отрезков треморограмм для каждой выборки треморограмм испытуемого на предмет принадлежности всех этих выборок к общей генеральной совокупности (у одного и того же испытуемого). При этом сравнивались матрицы парных сравнений выборок размером  $15 \times 15$  для всех 15-ти серий испытаний (по 15 повторов выборок в каждой). Итого сравнивались 225 выборок ТМГ.

Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи следующих программных пакетов: «*ExcelMSOffice-2003*» и «*Statistica 6.1*». Соответствие структуры данных закону нормального распределения оценивалось на основе вычисления критерия Колмогорова-Смирнова (ККС) и критерия Лиллиефорса (для больших выборок). При этом за нулевую гипотезу принимается то, что изучаемое распределение является нормальным (это получено на основании предварительных расчетов). Если достигнутый уровень значимости ( $p$ ) при проверке гипотезы будет меньше, чем критический (принимаемый за 0,05), то нулевая гипотеза отклоняется. В остальных случаях, а это означало, что распределение отличается от нормального.

Регистрация параметров тремора осуществлялась с помощью биофизического измерительного комплекса, состоящего из металлической пластинки (крепится жёстко к пальцу испытуемого), токовых датчика, усилителя, аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и компьютера с программным обеспечением (рис. 1). Датчик представляет собой катушку индуктивности (спираль Архимеда) без сердечника, помещенную в специальный корпус. Прин-

цип работы датчика токовихревого типа основан на изменении магнитного потока в его контуре. При введении ферромагнитной пластины, фиксируемой на поверхности биологического объекта, в магнитное поле катушки изменяется значение индуктивности последней [3,19-23].

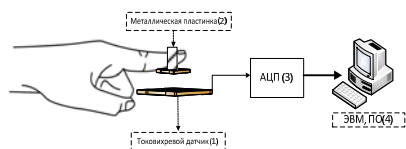


Рис. 1. Биофизический измерительный комплекс

При этом весь магнитный поток делится на две части – поток, прошедший через ферромагнитную пластину и не прошедший. Чем ближе пластина подводится к датчику, тем большее количество силовых линий магнитной индукции замыкается через нее, что и вызывало изменение индуктивности катушки. Таким образом, по изменению значения магнитного потока катушки, которая включается в колебательный контур кварцевого генератора, дистанционно определяли микродвижения (тремор) объекта с фиксированной на нём ферромагнитной пластиной. При включении катушки в резонансный контур с высокой точностью осуществлялось определение значения индуктивности катушки. В качестве резонансного контура использовали параллельный  $LC$ -контур, включенный в цепь нагрузки усилителя на биполярном транзисторе. На вход усилителя подавали сигнал прямоугольной формы с тактовой частотой 5 МГц. Параллельный  $LC$ -контур настраивали таким образом, что значение собственной резонансной частоты контура отличалось от значения тактовой частоты. При этом центральному положению ферромагнитной пластины соответствовало положение рабочей точки, соответствующее середине линейного участка резонансной кривой контура [20-22].

В этом случае достигается максимальная точность измерения тремора исследуемого объекта в обоих направлениях. Поскольку частота колебаний  $LC$ -контура достаточно велика, то система надежно работает в диапазоне 0-1 КГц. Линейный диапазон измерения с помощью датчиков токовихре-

вого типа возможен в пределах 4 мм от поверхности. Для гарантии достоверности измерений необходимо удерживать объект исследования в этом диапазоне. Система фиксировала абсолютную величину перемещения исследуемого объекта с точностью не менее 0,01 мм [17,19-23,24].

**Результаты и их обсуждение.** Анализ полученных 225 выборок ТМГ позволил установить, что параметры треморограмм не всегда описываются законом нормального распределения при  $p < 0,05$  (не более 5% от всех выборок). Поэтому дальнейшие исследования зависимостей производились методами непараметрической статистики. Выявление различий между конкретными сравниваемыми попарно выборками ТМГ у испытуемого для всех 15-ти серий экспериментов выполнялась при помощи непараметрического критерия Вилкоксона. Если  $p < 0,05$ , то тогда справедлива гипотеза о том, что выборки принадлежат разным генеральным совокупностям. Надежность используемых статистических оценок принималась не менее 95%. Были получены пятнадцать таблиц, в которых представлены результаты в виде матрицы парного сравнения выборок ТМГ, анализ которых для примера представлен в табл. 1.

Наличие  $p < 0,05$  свидетельствует о существенных различиях в полученных 15-ти выборках с позиции статистики анализа. Иными словами выборки не принадлежат одной генеральной совокупности. В нашем случае для представленных  $p$  в табл. 1 только  $k=6$  пар выборок не имеют существенных различий, а значит, они принадлежат одной генеральной совокупности. В остальных 99-ти парах выборок  $p < 0,05$ , следовательно, различия в данных выборках есть и они существенны.

Для этих же выборок нами были рассчитаны амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) тремора испытуемых. Было установлено, что треморограммы и их АЧХ не имеют повторов, даже на коротких временных интервалах. Как видно из анализа экспериментальных данных все АЧХ регистрируемых сигналов непрерывно варьируются, разнятся распределения амплитуд по частотному спектру и максимальные значения амплитуд.

Таблица 1

**Матрица парного сравнения 15-ти треморограмм одного испытуемого БДК при повторных экспериментах ( $k=6$ ), по критерию Вилкоксона (для непараметрического распределения)**

	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	0,04	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	<b>0,31</b>	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	<b>0,13</b>	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		0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		0,00	0,00	0,00	<b>0,10</b>	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	<b>0,31</b>	0,00	<b>0,13</b>	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		<b>0,92</b>	0,00	0,00	<b>0,67</b>
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,10</b>	0,00	0,00	<b>0,92</b>		0,00	0,00	<b>0,55</b>
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,67</b>	<b>0,55</b>	0,00	0,00	

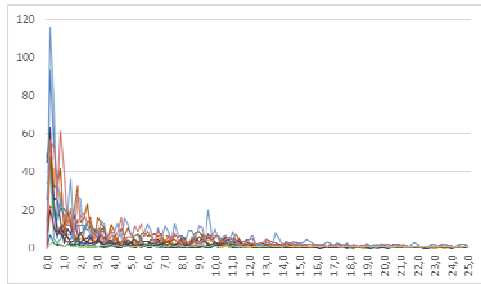


Рис. 2. Суперпозиция амплитудно-частотных характеристик треморограмм испытуемого БДК, треморограммы регистрировались в одинаковых условиях, 15 повторений и расчетов АЧХ постурального тремора

Из рис. 2, видно, что при регистрации тремора его АЧХ при многократных повторениях эксперимента обладают высокой вариабельностью. Кривые графиков АЧХ заполняют довольно обширные области и практически не повторяются. Теперь используя метод, расчёт матриц парных сравнений, рассчитывалась матрица парных сравнений для АЧХ треморограмм, которая представлена в табл. 2.

Для АЧХ произошло существенное увеличение числа совпадений пар ( $k=14$ ), когда для тремора  $k=6$ . Но все равно процент числа совпадений пар выборок небольшой – 13%. Данные показатели характерны для данного эксперимента, но расчет для всех 15-ти серий (в каждой по 15 выборок ТМГ) показал похожую зависимость. Это позволяет говорить о том, что для ТМГ

любой интервал регистрации  $\tau=5$  сек с регистрацией наших треморограмм и их АЧХ будут уникальным и неповторимым, даже если испытуемый будет находиться в спокойном (физиологически и психологически устойчивом) состоянии. Такие хаотичные изменения наблюдаются непрерывно у одного (каждого) испытуемого, а значит, любые статистические результаты имеют ежесекундный (для тремора) характер изменения (хаотического!). В следующие интервалы времени  $\tau$  всё будет другим, и достоверную информацию от статистических методов обработки подобных сигналов мы не получим. Мы регистрируем статистическую неустойчивость ТМГ, которая для всех 15-ти серий экспериментов с 15-ю выборками ТМГ в каждой серии представлена в табл. 3.

Анализируя результаты расчетов матриц парных сравнений для треморограмм и АЧХ этих треморограмм видно, что число совпадений пар для всех матриц парных сравнений для АЧХ всегда больше чем для треморограмм. Для средних показателей это число в 12 раз больше ( $\langle k_{трем} \rangle = 2$ ,  $\langle k_{АЧХ} \rangle = 24$ ). Коридор числа совпадений пар для треморограмм варьируется от 0 до 6%, тогда как для АЧХ этот коридор равен от 13 до 40%. В целом, следует отметить, что стохастический подход в оценке выборок ТМГ и их АЧХ обладает крайне низкой эффективностью, хотя для АЧХ доля стохастики приближается к  $\frac{1}{4}$  от общего числа выборок 105. Очевидно, что для ТМГ целесообразно применять расчет параметров квазиаттракторов, которые существенно изменяются у одного и того же испытуемого. Процент совпадений выборок площадей квазиаттракторов достигает 96-98%.

Таблица 2

**Матрица парного сравнения 15-ти АЧХ треморограмм одного испытуемого БДК при повторных экспериментах ( $k=14$ ), по критерию Вилкоксона (для непараметрического распределения)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,38</b>	0,00	<b>0,07</b>	0,00	0,00	<b>0,75</b>	0,00	0,00	0,00	<b>0,66</b>
2	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,30</b>	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	<b>0,20</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00		0,03	<b>0,06</b>	0,00	<b>0,13</b>	0,03	<b>0,14</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,03		<b>0,22</b>	0,00	<b>0,91</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
6	<b>0,38</b>	0,00	0,00	<b>0,06</b>	<b>0,22</b>		0,00	<b>0,58</b>	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03
7	0,00	0,00	<b>0,20</b>	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	<b>0,07</b>	0,00	0,00	<b>0,13</b>	<b>0,91</b>	<b>0,58</b>	0,00		0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
9	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02		<b>0,25</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	<b>0,14</b>	0,00	0,00	0,00	0,01	<b>0,25</b>		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	<b>0,75</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	<b>0,49</b>
12	0,00	<b>0,30</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,04	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00		0,00
15	<b>0,66</b>	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	<b>0,49</b>	0,00	0,00	0,00	

характерно для детерминированного хаоса Лоренца-Арнольда

**Литература**

1. Брагинский М.Я., Еськов В.М., Русак С.Н., Шипилова Т.Н. Влияние хаотической динамики метеофакторов на показатели кардиореспираторной системы человека в условиях Севера // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. 13, № 1. С. 168–170.

2. Ватамова С.Н., Вохмина Ю.В., Даянова Д.Д., Филатов М.А. Детерминизм, стохастика и

Таблица 3

**Результаты статистической обработки числа совпадений ( $k$ ) для всех 15-ти матриц парных сравнений для треморограмм и их АЧХ (по 15 экспериментов в каждой серии)**

№ эксперимента	Число $k$ ТМГ	Число $k$ АЧХ
1	2	42
2	0	28
3	1	20
4	4	14
5	4	21
6	4	26
7	4	26
8	0	21
9	2	36
10	6	14
11	4	34
12	0	10
13	0	33
14	0	19
15	1	16
Среднее значение	2	24
Стандартное отклонение	2	9

**Выводы:**

1. Многократное повторение измерений треморограмм в биомеханике показывает статистическую неустойчивость выборок. Процент стохастики (число совпадений пар) по 225-й выборкам показывает  $\langle k \rangle = 2$  для ТМГ и  $\langle k \rangle = 24$  для их АЧХ.

2. Выборки параметров (площадей) квазиаттракторов показывают почти полную инвариантность мер, процент совпадений выборки  $k \approx 96\%$  для площадей КА, что

теория хаоса-самоорганизации в описании стационарных режимов сложных биосистем // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2013. № 4. С. 70–81.

3. Ведясова О.А., Еськов В.М., Филатова О.Е. Системный компартментно-кластерный анализ механизмов устойчивости дыхательной ритмики млекопитающих. Самара: Офорт, 2005. 198 с.

4. Ведясова О.А., Беднаржевский С.С., Синенко Д.В., Филатова Д.Ю., Шевченко Н.Г. Биоинформационный анализ макро-хаоса и микродинамического хаоса в биологических системах // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т. 19, № 2. С. 410–411.

5. Вохмина Ю.В., Полухин Л.М., Бикмухаметова Л.М., Тотчасова М.В. Стационарные режимы поведения сложных биосистем в рамках теории хаоса-самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. 2014. Т. 21, № 1. С. 141–144.

6. Горбунов Д.В., Берестин Д.К., Поскина Т.Ю., Сидоренко Д.А. Энтропийный подход в оценке параметров тремора при различных акустических воздействиях // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2015. № 3. С. 20–26.

7. Добрынина И.Ю., Даянова Д.Д., Козлов А.С., Умаров Б.К. Моделирование эволюции паталогических процессов при болезни паркинсона // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 2. С. 26–32.

8. Еськов В.М., Газя Г.В., Майстренко Е.В., Болтаев А.В. Влияние промышленных электромагнитных полей на параметры сердечнососудистой системы работников нефтегазо-

вой отрасли // Экология и промышленность России. 2016. № 1. С. 59–63.

9. Еськов В.М., Еськов В.В., Вохмина Ю.В., Гавриленко Т.В. Эволюция хаотической динамики коллективных мод как способ описания поведения живых систем // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон. 2016. № 2.

10. Еськов В.М., Еськов В.В., Филатова О.Е., Филатова Д.Ю. Сравнительная характеристика возрастных изменений сердечно-сосудистой системы населения Севера РФ // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 3. С. 15–20.

11. Еськов В.М., Полухин В.В., Дерпак В.Ю., Пашнин А.С. Математическое моделирование произвольных движений в норме и при патологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2015. № 2. С. 75–86.

12. Еськов В.М., Полухин В.В., Филатова Д.Ю., Эльман К.А., Глазова О.А. Гомеостатические системы не могут описываться стохастическим или детерминированным хаосом // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 4. С. 28–33.

13. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Каменев Л.И. Новые биоинформационные подходы в развитии медицины с позиций третьей парадигмы (персонифицированная медицина - реализация законов третьей парадигмы в медицине) // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т. 19, № 3. С. 25–28.

14. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Козлова В.В., Филатов М.А., Филатова О.Е., Гавриленко Т.В., Еськов В.В., Соколова А.А., Химинова О.И., Башкатова Ю.В., Берестин Д.К., Ватамова С.Н., Даянова Д.Д., Джумагалиева Л.Б., Кузнецова В.Н. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине / Том XI. Системный синтез параметров функций организма жителей Югры на базе нейрокомпьютинга и теории хаоса-самоорганизации в биофизике сложных систем. Самара: Офорт, 2014. 192 с.

15. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Филатова Д.Ю. Гомеостаз и эволюция с позиций третьей парадигмы // Вестник новых медицинских технологий. 2015. Т. 22, № 3. С. 33–39.

16. Карпин В.А., Башкатова Ю.В., Коваленко Л.В., Филатова Д.Ю. Состояние сердечно-сосудистой системы тренированных и нетренированных студентов с позиции стохастики и теории хаоса // Теория и практика физической культуры. 2015. № 3. С. 83–85.

17. Несмеянов А.А., Еськов В.М., Фудин Н.А., Хадарцев А.А. Инновации в медико-биологическом обеспечении игры – питербаскет // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №2. Публика-

ция 2-22. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-2/5201.pdf> (дата обращения: 30.06.2015). DOI: 10.12737/11914

18. Пашнин А.С., Ключ И.В., Берестин Д.К., Умаров Э.Д. Компаратментно-кластерная теория биосистем // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2013. № 2. С. 57–76.

19. Полухин В.В., Берестин Д.К., Филатова Д.Ю., Глазова О.А. Биофизические модели патологического и постурального тремора // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. №4. Публикация 1-3. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-4/5292.pdf> (дата обращения: 30.11.2015). DOI: 10.12737/16779.

20. Попов Ю.М., Берестин Д.К., Вохмина Ю.В., Хадарцева К.А. Возможности стохастической обработки параметров систем с хаотической динамикой // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2014. № 2. С. 59–67.

21. Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Химинова О.И., Романова Ю.В. Метод матриц межаттракторных расстояний в идентификации психофизиологических функций человека // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2012. № 1. С. 20–24.

22. Филатова О.Е., Берестин Д.К., Филатова Д.Ю., Кузнецова В.Н. Организация движений: произвольная произвольность или непроизвольная непроизвольность. Тула: ТулГУ, 2015. 272 с.

23. Хадарцев А.А., Несмеянов А.А., Еськов В.М., Фудин Н.А., Кожемов А.А. Принципы тренировки спортсменов на основе теории хаоса и самоорганизации // Теория и практика физической культуры. 2013. № 9. С. 87–93.

24. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Vokhmina Y.V., Zimin M.I., Filatov M.A. Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as voluntary movements // Measurement Techniques. 2014. Т. 57, № 6. С. 720–724.

## References

1. Braginskiy MYa, Es'kov VM, Ru-sak SN, Shipilova TN. Vliyanie khaoticheskoy dinamiki meteofaktorov na pokazateli kardiorespiratornoy sistemy cheloveka v usloviyakh Severa. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(1):168-70. Russian.

2. Vatomova SN, Vokhmina YuV, Dayanova DD, Filatov MA. Determinizm, sto-khastika i teoriya khaosa-samoorganizatsii v opisaniy statsionarnykh rezhimov slozhnykh biosistem. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2013;4:70-81. Russian.

3. Vedyasova OA, Es'kov VM, Filatova OE. Sistemnyy kompartmentno-klasternyy analiz mekhanizmov ustoychivo-sti dykhatel'noy ritmiki

- mlekopitayushchikh. Samara: Ofort; 2005. Russian.
4. Vedyasova OA, Bednarzhevskiy SS, Sinenko DV, Filatova DYU, Shevchenko NG. Bioinformatsionnyy analiz makro-khaosa i mikro-dinamicheskogo khaosa v biologicheskikh sistemakh. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;19(2):410-1. Russian.
  5. Vokhmina YuV, Polukhin LM, Bikmukhametova LM, Totchasova MV. Statsionarnyye rezhimy povedeniya slozhnykh biosistem v ramkakh teorii khaosa-samoorganizatsii. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2014;21(1):141-4. Russian.
  6. Gorbunov DV, Berestin DK, Poski-na TYu, Sidorenko DA. Entropiynnyy podkhod v otsenke v otsenke parametrov tremora pri razlichnykh akusticheskikh vozdeystviyakh. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2015;3:20-6. Russian.
  7. Dobrynina IYu, Dayanova DD, Kozlov AS, Umarov BK. Modelirovanie evo-lyutsii patologicheskikh protsessov pri bolezni parkinsona. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(2):26-32. Russian.
  8. Es'kov VM, Gazya GV, Maystrenko EV, Boltaev AV. Vliyaniye promyshlennykh elektromagnitnykh poley na parametry serdechnosudistoy sistemy rabotnikov neftegazovoy otrasli. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2016;1:59-63. Russian.
  9. Es'kov VM, Es'kov VV, Vokhmina YuV, Gavrilenko TV. Evolyutsiya khaoticheskoy dinamiki kollektivnykh mod kak sposob opisaniya povedeniya zhivykh sistem. Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 3. Fiz. As-tron. 2016;2.
  10. Es'kov VM, Es'kov VV, Filatova OE, Filatova DYU. Sravnitel'naya kharakteristika vozrastnykh izmeneniy serdechno-sudistoy sistemy naseleniya Severa RF. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(3):15-20. Russian.
  11. Es'kov VM, Polukhin VV, Derpak VYu, Pashnin AS. Matematicheskoe modelirovanie neproizvol'nykh dvizheniy v norme i pri patologii. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2015;2:75-86. Russian.
  12. Es'kov VM, Polukhin VV, Filatova DYU, El'man KA, Glazova OA. Gomeostaticheskie sistemy ne mogut opisivat'sya stokhasticheskim ili determinirovannym khaosom. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(4):28-33. Russian.
  13. Es'kov VM, Khadartsev AA, Kamenev LI. Novye bioinformatsionnye podkhody v razviti meditsiny s pozitsiy tre'tey paradigmy (personifitsirovannaya meditsina - rea-lizatsiya zakonov tre'tey paradigmy v meditsine). Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;19(3):25-8. Russian.
  14. Es'kov VM, Khadartsev AA, Kozlova VV, et al. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i me-ditsine. Tom XI Sistemnyy sintez para-metrov funktsiy organizma zhitel'ey Yugry na baze neyrokomp'yutinga i teorii khaosa-samoorganizatsii v biofizike slozhnykh sistem. Samara: Ofort; 2014. Russian.
  15. Es'kov VM, Khadartsev AA, Filatova OE, Filatova DYU. Gomeostaz i evolyutsiya s pozitsiy tre'tey paradigmy. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2015;22(3):33-9. Russian.
  16. Karpin VA, Bashkatova YuV, Kovalenko LV, Filatova DYU. Sostoyaniye serdechnosudistoy sistemy trenirovannykh i netrenirovannykh studentov s pozitsii stokhastiki i teorii khaosa. Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. 2015;3:83-5. Russian.
  17. Nesmeyanov AA, Es'kov VM, Fudin NA, Khadartsev AA. Innovatsii v medi-kobiologicheskoy obespechenii igry – piterbasket. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie. 2015 [cited 2015 Jun 30];2:[about 5 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-2/5201.pdf>. DOI: 10.12737/11914
  18. Pashnin AS, Klyus IV, Berestin DK, Umarov ED. Kompartmentno-klasternaya teoriya biosistem. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2013;2:57-76. Russian.
  19. Polukhin VV, Berestin DK, Filatova DYU, Glazova OA. Biofizicheskie modeli patologicheskogo i postural'nogo tremora. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie [internet]. 2015 [cited 2015 Nov 30];4[about 8 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2015-4/5292.pdf>. DOI: 10.12737/16779.
  20. Popov YuM, Berestin DK, Vokhmina YuV, Khadartseva KA. Vozmozhnosti stokhasticheskoy obrabotki parametrov sistem s khaoticheskoy dinamikoy. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2014;2:59-67. Russian.
  21. Filatov MA, Filatova DYU, Khimikova OI, Romanova YuV. Metod matrits mezhattraktornykh rasstoyaniy v identifikatsii psikhofiziologicheskikh funktsiy cheloveka. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2012;1:20-4. Russian.
  22. Filatova OE, Berestin DK, Filatova DYU, Kuznetsova VN. Organizatsiya dvizheniy: proizvol'naya proizvol'nost' ili neproizvol'naya neproizvol'nost'. Tula: TulGU; 2015. Russian.
  23. Khadartsev AA, Nesmeyanov AA, Es'kov VM, Fudin NA, Kozhemov AA. Printsipy trenirovki sportsmenov na osnove teorii khaosa i samoorganizatsii. Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. 2013;9:87-93. Russian.
  24. Es'kov VM, Gavrilenko TV, Vokhmina YuV, Zimin MI, Filatov MA. Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as voluntary movements. Measurement Techniques. 2014;57(6):720-4.