

**ХАОТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ ПАРАМЕТРОВ НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ
ПРИ МНОГОКРАТНЫХ ПОВТОРЕНИЯХ**

А.Е. БАЖЕНОВА, Д.В. БЕЛОЩЕНКО, Н.Н. НЕРСИСЯН, Е.С. ПОТЕТЮРИНА

*Сургутский государственный университет, пр-т Ленина, 1, Сургут, 628412, Россия,
тел.: +79224121944, e-mail: ae_bazhenova@mail.ru*

Аннотация. Изучены особенности хаотической динамики тремора и параметров квазиаттракторов микродвижений верхних конечностей человека без нагрузки и в условиях воздействия статической нагрузки. Показана практическая возможность применения метода многомерных фазовых пространств для идентификации реальных изменений параметров нервно-мышечной системы человека. Основываясь на методах расчета параметров квазиаттракторов, в качестве количественной меры оценки реакции организма на внешние воздействия использовались площади квазиаттракторов. Увеличение площади квазиаттрактора происходит закономерно в ответ на воздействия статической нагрузки. Так, в отдельных сериях опытов (по 15 измерений в каждом) – от $0,17 \times 10^{-6} \pm 10 \times 10^{-6}$ (у.е.) до $1,16 \times 10^{-6} \pm 0,57 \times 10^{-6}$ (у.е.) при нагрузке в 300 г. Средние значения площади квазиаттрактора для всех выборок треморограмм увеличиваются по отношению к исходной площади (без нагрузки) в 6,8 раз для нагрузки в 300 г. Это представляет количественную меру эффекта Еськова-Зинченко в анализе хаотически изменяющихся статистических функций распределения выборок треморограмм.

Ключевые слова: квазиаттрактор, тремор, статическая нагрузка, эффект Еськова-Зинченко.

**CHAOTIC DYNAMICS PARAMETERS OF THE NEUROMUSCULAR SYSTEM UNDER MULTIPLE
REPETITIONS**

A.E. BAZHENOVA, D.V. BELOSHENKO, N.N. NERSISYAN, E.S. POTETYURINA

*Surgut State University, Lenin av., 1, Surgut, 628412, Russia,
Phone: +79224121944, e-mail: ae_bazhenova@mail.ru*

Abstract. The especially chaotic dynamics and tremor parameters quasi-attractors micro-movements of the upper human limbs without load and under static load impact were studied. This article presents the feasibility of application of the method of multidimensional phase spaces to identify the actual changes in the parameters of the human neuromuscular system. Based on the methods of calculating the quasi-attractors parameters, the area of quasi-attractors were as a quantitative measure of evaluating the body's response to external stimuli. Increasing the area of quasi-attractor occurs naturally in response to the effects of static load. Thus, several experiments (each includes 15 measurements) revealed increasing from $0,17 \pm 0,16$ (a.u., 10^{-6}) up to $1,16 \pm 0,57$ (a.u., 10^{-6}) at a load 300 grams. The average values for all areas of quasi-attractors in all tremorgrams samples increase with respect to reference area (no physical load) in 6.8 times in case of 300 grams load. This data represents quantitative measure of Eskov-Zinchenko effect in the analysis of randomly varying statistical distribution functions tremorgram samples.

Key words: quasi-attractor, tremor, static load, Eskov-Zinchenko effect.

Введение. Н.А. Бернштейн, который впервые открыл системные закономерности микродвижений и биохимических движений в целом, выдвигал утверждение о целостной структуре в организации деятельности *нервно-мышечной системы* (НМС) человека и призывал к разработке системно-структурного подхода в изучении строения и функций различных систем движений. Очевидно, что это возможно при высокой дифференциации элементов и при изучении разнообразия избирательных форм отношений между ними в движении живых систем [4, 12-13, 16]. Актуальность изучения одной из фундаментальных проблем управления движением, а именно, управление степенями свободы тела со стороны мозга, с точки зрения биомеханических и функциональных характеристик, очевидна [2-3, 6-9]. *Функциональное состояние организма* человека при гомеостазе и в условиях внешних возмущений представляет особый интерес в рамках *теории хаоса и самоорганизации* (ТХС). Новый подход в рамках ТХС позволяет прогнозировать возможные изменения регуляторных систем НМС человека. Информация о текущей динамике исследуемых функций может обеспечить прогноз развития жизни человека и оценить ее качество в различные возрастные периоды жизни [1, 11, 17-18].

В данной работе предлагается внедрение традиционных и новых физических методов в биологические исследования на основе метода двумерного фазового пространства для изучения особенностей реакции НМС в ответ на дозированные статические нагрузки. Предлагается вместо традиционного по-

нимания стационарных режимов биосистем в виде $dx/dt=0$, где $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ является вектором состояния системы (ВСС), использовать параметры квазиаттракторов (КА), внутри которых наблюдается движения ВСС в фазовом пространстве состояний (ФПС). Эти движения имеют хаотический характер, т.е. постоянно $dx/dt \neq 0$, но это движение ограничено объемом КА [5, 10, 19], что и доказывается в нашем исследовании.

Цель исследования – изучение особенностей хаотической динамики параметров НМС при гомеостазе и в условиях внешних возмущений при многократных повторениях с позиции ТХС.

Объекты и методы исследования. Для исследования была привлечена группа испытуемых в количестве 15 человек, основной группы здоровья. У испытуемых регистрировались параметры тремора с помощью биофизического измерительного комплекса, разработанного в лаборатории биоклиники и биофизики сложных систем при СурГУ. Установка включает металлическую пластинку (крепится жестко к пальцу испытуемого), токовихревой датчик, усилитель, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и компьютер с оригинальным программным обеспечением. В качестве фазовых координат, помимо координаты $x_1=x(t)$ перемещения, использовалась координата скорости перемещения пальца $x_2=v(t)=dx_1/dt$ [14, 20].

Тремор регистрировался без нагрузки и в условиях статических нагрузок, которые представляли собой удержание груза в 300 г, подвешенного на указательном пальце кисти, в течение 5 секунд. Испытуемые проходили эксперимент 15 раз без нагрузки и столько же в условиях статических нагрузок. Перед испытуемыми стояла задача удержать палец в пределах заданной области, осознанно контролируя его неподвижность. Благодаря запатентованному программному продукту удалось построить фазовые плоскости и рассчитать площади КА.

Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи программного пакета «Statistica 10». Анализ соответствия вида распределения полученных данных закону нормального распределения производился на основе вычисления критерия Шапиро-Уилка. Дальнейшие исследования производились методами непараметрической статистики (критерий Вилкоксона) [15].

Результаты и их обсуждение. Для КА с координатами $x_1=x(t)$ и $x_2=v(t)=dx_1/dt$, были рассчитаны площади $\Delta S = \Delta x_1 \times \Delta x_2$, где Δx_1 и Δx_2 – вариационные размахи этих фазовых переменных всего вектора $x(t)$. В качестве примера взяты значения площадей КА испытуемого А, что представлено в табл. 1. Всего подобных таблиц было получено $N=15$ без нагрузки и столько же в условиях статической нагрузки 300 г, при этом в каждой серии мы выполняли $n=15$ измерений. Представленные в табл. 1 значения S выборки треморограмм испытуемого А для одной из серий эксперимента находятся в диапазоне от $0,07 \times 10^{-6}$ до $0,39 \times 10^{-6}$ у.е без нагрузки, и от $0,59 \times 10^{-6}$ до $2,52 \times 10^{-6}$ у.е. в условиях влияния нагрузки 300 г. Уже в первом приближении S для КА демонстрировали различия значений без нагрузки и под воздействием нагрузки в 300 г.

Таблица 1

Площади ($S \times 10^{-6}$) КА выборки треморограмм испытуемого А (число повторов $n=15$)

№	Без нагрузки (S_1)	В условиях нагрузки 300 г (S_2)
1	0,07	1,22
2	0,13	0,61
3	0,39	0,66
4	0,07	0,98
5	0,27	0,94
6	0,10	0,61
7	0,11	0,56
8	0,12	1,59
9	0,12	1,59
10	0,36	1,96
11	0,19	0,59
12	0,08	0,92
13	0,15	1,39
14	0,15	1,23
15	0,22	2,52
<S>	0,17	1,16
σ, \pm	0,10	0,57

При расчете среднего значения площадей ($\langle S \rangle$) и стандартного отклонения (σ, \pm), были получены следующие данные: $\langle S_1 \rangle$ без нагрузки $0,17 \times 10^{-6} \pm 0,10 \times 10^{-6}$; $\langle S_2 \rangle$ в условиях статической нагрузки $1,16 \times 10^{-6} \pm 0,57 \times 10^{-6}$, свидетельствующие о том, что в условиях воздействия статической нагрузки 300 г КА увеличивается в 6,8 раза.

В рамках нашего исследования нами были получены ряд принципиальных результатов (в рамках ТХС). При использовании непараметрического парного сравнения с помощью критерия Вилкоксона были получены 15×2 таблиц, в которых представлены результаты расчета матриц (15×15) парного сравнения треморограмм $N=15, n=15$. Динамика произвольных микродвижений конечностей (тремора пальцев рук), как реакция на статическую нагрузку, проявлялась в изменении числа совпадений произвольных пар выборок (k), которые (пары) можно отнести к одной генеральной совокупности. Были рассчитано среднее число совпадений произвольных пар выборок ($\langle k \rangle$) и стандартного отклонения σ, \pm для всех 15-ти матриц без нагрузки и в условиях воздействия нагрузки в 300 г. Результаты представлены в табл. 2. Их число увеличивается с $\langle k_1 \rangle = 2,13 \pm 1,64$ совпадений без нагрузки до $\langle k_2 \rangle = 3,13 \pm 1,68$ совпадений в условиях статической нагрузки в 300 г. Однако эти различия статистически не достоверны, что является спецификой данного испытуемого. У других испытуемых эти различия были статистически достоверными. Нами выявлено существенное различие в этом отношении между женщинами и мужчинами по параметрам треморограмм в режиме многократных повторений [5-10].

Таблица 2

Число пар совпадений выборок (k) для всех 15-ти матриц парного сравнения треморограмм испытуемого А (использовался критерий Вилкоксона, $p < 0,05$)

	Без нагрузки	В условиях нагрузки 300 г.
1	4	2
2	4	3
3	2	4
4	2	2
5	3	1
6	1	5
7	6	4
8	2	3
9	1	6
10	1	3
11	1	4
12	0	2
13	0	1
14	3	6
15	2	1
$\langle k \rangle$	2,13	3,13
σ, \pm	1,64	1,68

Выводы:

1. Используя площади КА, в качестве количественной меры наблюдаемой динамики тремора, было выявлено, что в условиях статической нагрузки КА увеличивается в 6,8 раз. Это является маркером изменения хаотической динамики статистических функций распределения $f(x)$.
2. Прослеживается динамика увеличения числа пар совпадений выборок треморограмм в условиях статической нагрузки. Однако у некоторых испытуемых она изменяется не достоверно (статистически).

Литература

1. Адайкин В.И., Брагинский М.Я., Еськов В.М., Русак С.Н., Хадарцев А.А., Филатова О.Е. Новый метод идентификации хаотических и стохастических параметров экосреды // Вестник новых медицинских технологий. 2006. Т. 13, № 2. С. 39–41.
2. Баженова А.Е., Щипицин К.П., Пахомов А.А., Семезов О.Б. Стохастическая и хаотическая оценка треморограмм испытуемого в условиях нагрузки // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 1. С. 11–17.
3. Балтикова А.А., Баженова А.Е., Башкатова Ю.В., Карпин В.А., Горленко Н.П. Многомерная хаотическая динамика тремора в оценке реакции нервно-мышечной системы человека на физическую

нагрузку // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2013. №1. Публикация 1-6. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4341.pdf> (дата обращения 15.04.2013).

4. Бернштейн Н.А. Биомеханика и физиология движений / Под ред. Зинченко В.П. Институт практической психологии, 1997. 607 с.

5. Еськов В.М., Филатова О.Е. Проблема идентичности функциональных состояний нейросетевых систем // Биофизика. 2003. Т. 48, № 3. С. 526–534.

6. Еськов В.М., Еськов В.В., Хадарцев А.А., Филатов М.А., Филатова Д.Ю. Метод системного синтеза на основе расчета межаттракторных расстояний в гипотезе равномерного и неравномерного распределения при изучении эффективности кинезитерапии // Вестник новых медицинских технологий. 2010. Т. 17, № 3. С. 106–110.

7. Еськов В.М., Баженова А.Е., Буров И.В., Джалилов М.А. Соотношение между теоремой бернулли и параметрами квазиаттракторов биосистем // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. 18, № 3. С. 332.

8. Еськов В.М., Брагинский М.Я., Козлова В.В. Биомеханическая система для изучения микродвижений конечностей человека: хаотические и стохастические подходы в оценке физиологического тремора // Вестник новых медицинских технологий. 2011. Т. 18, № 4. С. 44–48.

9. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Козлова В.В., Филатов М.А., Филатова О.Е., Гавриленко Т.В., Еськов В.В., Соколова А.А., Химикова 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 11. Системный синтез параметров функций организма жителей Югры на базе нейрокомпьютинга и теории хаоса-самоорганизации в биофизике сложных систем. Самара: Офорт, 2014. 192 с.

10. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Козлова В.В., Филатова О.Е. Использование статистических методов и методов многомерных фазовых пространств при оценке хаотической динамики параметров нервно-мышечной системы человека в условиях акустических воздействий // Вестник новых медицинских технологий. 2014. Т. 21, № 2. С. 6–10.

11. Еськов В.М., Газя Г.В., Майстренко Е.В., Болтаев А.В. Влияние промышленных электромагнитных полей на параметры сердечнососудистой системы работников нефтегазовой отрасли // Экология и промышленность России. 2016. № 1. С. 59–63.

12. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Троицкий М.С. Методы регистрации различных видов движения, как основа разработки механотренажеров // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2014. №1. Публикация 6-4. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4957.pdf> (дата обращения 24.10.2014).

13. Карпин В.А., Еськов В.М., Филатов М.А., Филатова О.Е. Философские основания теории патологии: проблема причинности в медицине // Философия науки. 2012. № 1 (52). С. 118–128.

14. Козлова В.В., Антонова Р.А., Баженова А.Е., Поборский А.Н., Умаров Э.Д. Матрицы межаттракторных расстояний в оценке параметров организма человека при физических нагрузках // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т. 19, № 2. С. 420–422.

15. Сафоничева О.Г., Хадарцев А.А., Еськов В.М., Кидалов В.Н. Теория и практика восстановительной медицины. Сер. Мануальная диагностика и терапия. Тула: ООО РИФ «ИНФРА» – Москва, 2006. 152 с.

16. Филатов М.А., Веракса А.Н., Филатова Д.Ю., Поскина Т.Ю. Понятие произвольных движений с позиций эффекта Еськова-Зинченко в психофизиологии движений // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. №1. С. 24–32.

17. Филатова О.Е., Проворова О.В., Волохова М.А. Оценка вегетативного статуса работников нефтегазодобывающей промышленности с позиции теории хаоса и самоорганизации // Экология человека. 2014. № 6. С. 16–19.

18. Зилов В.Г., Хадарцев А.А., Еськов В.М., Винокуров Б.Л., Морозов В.Н., Кидалов В.Н., Филатова О.Е., Гонтарев С.Н., Хадарцева К.А., Цогоев А.С., Наумова Э.М., Крюкова С.В., Митрофанов И.В., Валентинов Б.Г., Седова О.А. Восстановительная медицина: Монография / Под ред. Хадарцева А.А., Гонтарев С.Н., Еськова В.М. Тула: Изд-во ТулГУ – Белгород: ЗАО «Белгородская областная типография», 2010. Т. I. 298 с.

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

20. Eskov V.M., Filatova O.E. Computer diagnostics of the compartmentation of dynamic systems // Measurement Techniques. 1994. Т. 37, № 1. С. 114.

References

1. Adaykin VI, Braginskiy MY, Es'kov VM, Rusak SN, Khadartsev AA, Filatova OE. Novyy metod identifikatsii khaoticheskikh i stokhasticheskikh parametrov ekosredy [A new method for identification of chaotic and stochastic parameters of ecological environment]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2006;13(2):39-41. Russian.
2. Bazhenova AE, Shchepitsin KP, Pakhomov AA, Semerez OB. Stokhasticheskaya i khaoticheskaya otsenka tremorogramm ispytuemogo v usloviyakh nagruzki [Stochastic and Chaotic evaluation test tremorogramm in loading conditions]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;1:11-7. Russian.
3. Baltikova AA, Bazhenova AE, Bashkatova YV, Karpin VA, Gorlenko NP. Mnogomernaya khaoticheskaya dinamika tremora v otsenke reaksii nervno-myshechnoy sistemy cheloveka na fizicheskuyu nagruzku [Multidimensional Chaotic Dynamics tremor in the evaluation of the reaction of the neuromuscular system of a person to exercise]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie. 2013 [cited 2013 Apr 15];1 [about 4 p.]. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4341.pdf>.
4. Bernshteyn NA. Biomekhanika i fiziologiya dvizheniy [Biomechanics and Physiology of movements]. Pod red. Zinchenko VP. Institut prakticheskoy psikhologii; 1997. Russian.
5. Es'kov VM, Filatova OE. Problema identichnosti funktsional'nykh sostoyaniy neyrosetevykh sistem [Identity problem of functional states of neural network systems]. Biofizika. 2003;48(3):526-34. Russian.
6. Es'kov VM, Es'kov VV, Khadartsev AA, Filatov MA, Filatova DY. Metod sistemnogo sinteza na osnove rascheta mezhatraktornykh rasstoyaniy v gipoteze ravnomernogo i neravnomernogo raspredeleniya pri izuchenii effektivnosti kineziterapii [system synthesis method based on the calculation of distances mezhatraktornykh in the hypothesis of uniform and non-uniform distribution in the study of the effectiveness of kinesitherapy]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2010;17(3):106-10. Russian.
7. Es'kov VM, Bazhenova AE, Burov IV, Dzhililov MA. Cootnoshenie mezhdru teoremy bernulli i parametrami kvaziattraktorov biosistem [The relationship between Bernoulli's theorem and quasi-attractors parameters of biosystems]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(3):332. Russian.
8. Es'kov VM, Braginskiy MY, Kozlova VV. Biomekhanicheskaya sistema dlya izucheniya mikro-dvizheniy konechnostey cheloveka: khaoticheskie i stokhasticheskie podkhody v otsenke fiziologicheskogo tremora [Biomechanical system for the study of micro-movements of human limbs: chaotic and stochastic approaches in the evaluation of the physiological tremor]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2011;18(4):44-8. Russian.
9. Es'kov VM, Khadartsev AA, Kozlova VV, Filatov MA, Filatova OE, Gavrilenko TV, Es'kov VV, Sokolova AA, Khimikova OI, Bashkatova YV, Berestin DK, Vatamova SN, Dayanova DD, Dzhumagalieva LB, Kuznetsova VN. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i meditsine. Tom 11. Sistemnyy sintez parametrov funktsiy organizma zhitel'ey Yugry na baze neyrokomp'yutinga i teorii khaosamoorganizatsii v biofizike slozhnykh sistem [System analysis, management and information processing in biology and medicine. Tom 11. System synthesis parameters Ugra residents of body functions on the basis of neurocomputing theory and self-chaos in the biophysics of complex systems]. Samara: Ofort; 2014. Russian.
10. Es'kov VM, Khadartsev AA, Kozlova VV, Filatova OE. Ispol'zovanie statisticheskikh metodov i metodov mnogomernykh fazovykh prostranstv pri otsenke khaoticheskoy dinamiki parametrov nervnomyshechnoy sistemy cheloveka v usloviyakh akusticheskikh vozdeystviy [The use of statistical techniques and methods of multidimensional phase spaces in assessing the chaotic dynamics of human neuromuscular system parameters in terms of acoustic effects]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2014;21(2):6-10. Russian.
11. Es'kov VM, Gazya GV, Maystrenko EV, Boltaev AV. Vliyanie promyshlennykh elektromagnitnykh pol'y na parametry serdechnosudistoy sistemy rabotnikov neftegazovoy otrasli [The impact of electromagnetic fields on the industrial parameters of the cardiovascular system of the oil and gas industry workers]. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2016;1:59-63. Russian.
12. Es'kov VM, Khadartsev AA, Troitskiy MS. Metody registratsii razlichnykh vidov dvizheniya, kak osnova razrabotki mekhanotrenazherov [Methods of registration of various types of movement, as a basis for the development of mechanical simulators]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie. 2014 [cited 2014 Oct 24];1 [about 7 p.]. Russian. Available from: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2014-1/4957.pdf>.
13. Karpin VA, Es'kov VM, Filatov MA, Filatova OE. Filosofskie osnovaniya teorii patologii: problema prichinnosti v meditsine [The philosophical foundation of the theory of pathology: the problem of causality in medicine]. Filosofiya nauki. 2012;1(52):118-28. Russian.
14. Kozlova VV, Antonova RA, Bazhenova AE, Poborskiy AN, Umarov ED. Matritsy mezhatraktornykh rasstoyaniy v otsenke parametrov organizma cheloveka pri fizicheskikh nagruzkakh [Matrix mezhatraktornykh distances in the evaluation parameters of the human body during exercise]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;19(2):420-2. Russian.

15. Safonicheva OG, Khadartsev AA, Es'kov VM, Kidalov VN. Teoriya i praktika vosstanovitel'noy meditsiny. Ser. Manual'naya diagnostika i terapiya [Theory and practice of regenerative medicine. Ser. Manual diagnosis and therapy]. Tula: OOO RIF «INFRA» – Moscow; 2006. Russian.

16. Filatov MA, Veraksa AN, Filatova DY, Poskina TY. Ponyatie proizvol'nykh dvizheniy s pozitsiy efekta Es'kova-Zinchenko v psikhofiziologii dvizheniy [The concept of voluntary movements with positions Eskova-Zinchenko effect in psychophysiology of movements]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;1:24-32. Russian.

17. Filatova OE, Provorova OV, Volokhova MA. Otsenka vegetativnogo statusa rabotnikov neftegazodobyvayushchey promyshlennosti s pozitsii teorii khaosa i samoorganizatsii [Estimation of the vegetative status of the oil and gas industry workers from the perspective of the theory of chaos and self-organization]. Ekologiya cheloveka. 2014;6:16-9. Russian.

18. Zilov VG, Khadartsev AA, Es'kov VM, Vinokurov BL, Morozov VN, Kidalov VN, Filatova OE, Gontarev SN, Khadartseva KA, Tsogoev AS, Naumova EM, Kryukova SV, Mitrofanov IV, Valentinov BG, Sedova OA. Vosstanovitel'naya meditsina: Monografiya [Regenerative medicine: Monograph]. Pod red. Khadartseva AA, Gontareva SN, Es'kova VM. Tula: Izd-vo TulGU – Belgorod: ZAO «Belgorodskaya oblastnaya tipografiya»; 2010. T. I. Russian.

19. Khadartsev AA, Nesmeyanov AA, Es'kov VM, Kozhemov AA, Fudin NA. Printsipy trenirovki sportsmenov na osnove teorii khaosa i samoorganizatsii [Principles of training of athletes on the basis of self-organization and chaos theory]. Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. 2013;9:87-93. Russian.

20. Es'kov VM, Filatova OE. Computer diagnostics of the compartmentation of dynamic systems. Measurement Techniques. 1994;37(1):114.

Библиографическая ссылка:

Баженова А.Е., Белошенко Д.В., Нерсисян Н.Н., Потетюрин Е.С. Хаотической динамики параметров нервно-мышечной системы при многократных повторениях // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. №3. Публикация 1-10. URL: <http://www.medsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2016-3/1-10.pdf> (дата обращения: 21.09.2016). DOI: 12737/21672.