

# I. БИОМЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ И СИНЕРГЕТИКА

DOI: 10.12737/2306-174X-2024-2-5-14

## ВОЗМОЖНА ЛИ СТАТИКА (УСТОЙЧИВОСТЬ) В БИОМЕХАНИКЕ?

В.В. ЕСЬКОВ, М.А. ФИЛАТОВ, Т.В. ГАВРИЛЕНКО, Т.В. ВОРОНЮК

*БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400*

**Аннотация.** Физиология и биомеханика активно используют последние 100-150 лет различные методы статистики. Однако, еще в 1948 году выдающийся биомеханик 20-го века Н.А. Бернштейн выдвинул гипотезу о «повторении без повторений» в организации движений. Через год, один из основоположников теории информации *W. Weaver* вообще предложил вывести все биосистемы за пределы детерминистской и стохастической науки. Однако только 20 лет назад началось доказательство этих двух гениальных гипотез. Был доказан эффект Еськова-Зинченко, в котором показано отсутствие статистической устойчивости любых выборок любых параметров функций организма. В частности, это четко проявляется в организации любых движений.

**Ключевые слова:** *стабильность выборок, тремор, эффект Еськова-Зинченко.*

## IS STATICS (STABILITY) POSSIBLE IN BIOMECHANICS?

V.V. ESKOV, M.A. FILATOV, T.V. GAVRILENKO, T.V. VORONYUK

*Surgut State University, Lenin Ave., 1, Surgut, Russia, 628408<sup>1</sup>*

**Abstract.** Physiology and biomechanics have been actively using various statistical methods for the last 100-150 years. However, as early as 1948, the outstanding biomechanist of the 20th century N.A. Bernstein put forward the hypothesis of ‘repetition without repetition’ in the organization of movements. A year later, one of the founders of information theory *W. Weaver* generally proposed to take all biosystems beyond the limits of deterministic and stochastic science. However, only 20 years ago the proof of these two ingenious hypotheses began. The Eskov-Zinchenko effect was proved, which shows the absence of statistical stability of any samples of any parameters of organism functions. In particular, it is clearly manifested in the organisation of any movements.

**Key words:** *stability of samples, tremor, Eskov-Zinchenko effect.*

**Введение.** Последние 100-150 лет в физиологии нервно-мышечной системы (НМС) и в биомеханике активно используются различные методы статистики и модели на базе теории динамических систем [1-4].

Напомним, что нобелевский лауреат (в области теории НМС) *A.V. Hill* в своей фундаментальной работе «*Why biophysics*» [5] обосновывал использование методов теории динамических систем (ТДС) во всей биофизике и биологии. Однако основная теория в изучении НМС и в биомеханике – это стохастическая теория.

В 1947 году Н.А. Бернштейн выступил с гипотезой о «повторении без повторений»

у любого движения [6]. Однако он не дал точного количественного описания этой гипотезе. Через год *W. Weaver* предложил вывести все биосистемы (включая и НМС) из области детерминистской и стохастической науки (ДСН) и создать новую (третью) науку [7].

За 50 лет после этих публикаций никто даже не пытался проверить гипотезу Н.А. Бернштейна (повторение без повторений) и *W. Weaver* (биосистемы не объект науки – ДСН [7]). Однако, двадцать лет назад мы начали доказывать эти гипотезы сначала в биомеханике [8-11], а затем и в физиологии НМС [12-16]. В итоге, был доказан эффект Еськова-Зинченко в виде отсутствия

статистической устойчивости выборок треморограмм (ТМГ) [8-11] и электромиограмм (ЭМГ) [12-16].

**1. Возникновение реальной Uncertainty в организации движений.** В 1947 году Н.А. Бернштейн выпустил монографию [6], в которой он обосновал невозможность повторения любого движения. При этом выдающийся биомеханик 20-го века не представил никаких количественных доказательств своей гипотезе о «повторении без повторений» [6].

Н.А. Бернштейн представил серьезные физиологические доказательства своей гипотезы в виде реальности пяти систем регуляции движений (системы *A, B, C, D, E*). Он говорил, что это разные системы и они могут хаотически (произвольно) включаться и выключаться в организации любого движения человека [6].

В итоге, возникла гипотеза (о «повторении без повторений»), которую никто за 50 лет даже не пытался доказать экспериментально. О каких «повторениях» следует говорить и о каких «неповторениях» говорил Н.А. Бернштейн? Можно ли говорить более точно о детерминистском или стохастическом «повторении».

Подчеркнем, что до настоящего времени в биомеханике и физиологии НМС все ученые используют или теорию динамических систем (детерминистский подход) или статистику. Других моделей и подходов во всей биомедицине пока нет. Об этом четко в 1948 году сказал один из основателей теории информации *W. Weaver* [7].

Более 70-ти лет назад он дал общую классификацию систем живой и неживой природы, в которой особо выделил системы третьего типа (СТТ) – биосистемы [7]. Это было его гениальной гипотезой: СТТ – не объект современной детерминистской и стохастической науки (ДСН). Вторая его

гипотеза: для СТТ будет создана третья (новая) наука [7], также осталась без внимания.

Обе эти гипотезы взаимосвязаны и они следуют из общей классификации всех систем у *W. Weaver*. Он предложил выделить системы первого типа (СПТ) – детерминистские системы, системы второго типа (СВТ) – стохастические системы и СТТ- биосистемы. Эти СТТ не могут быть объектом ДСН [7].

Никаких доказательств этому *W. Weaver* не представил. Это были гипотезы, на которые более 50-ти лет никто не обращал внимания. Однако, 20 лет назад мы начали активно изучать и проверять эти гипотезы *W. Weaver* и Н.А. Бернштейна [8-16]. Ключевым словом здесь является «повторение» у Бернштейна [6].

При этом надо было ответить на два вопроса: о каких «повторениях» (повторениях чего?) и «неповторениях» может идти речь? Как что-то может не повторяться: точно (в рамках детерминизма) или приближенно (в рамках рассуждений *W. Weaver* [7]).

Действительно, СПТ (детерминистские) могут описываться вектором состояния биосистемы  $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$  в  $m$ -мерном фазовом пространстве состояний (ФПС). В таком ФПС точка  $x(t_f)$ , которая представляет конечное состояние СПТ в ФПС, может быть многократно (и точно!) повторена, если мы знаем начальное состояние  $x(t_0)$  системы и уравнение для описания СПТ.

В детерминизме любой процесс может быть повторен (точно) как для  $x(t_f)$ , так и для  $x(t_0)$  по известному уравнению (дифференциальному, интегральному, разностному и т.д.). В детерминизме все точно задано и повторяется. Но в стохастике этого уже нет. Для СВТ мы можем повторять  $x(t_0)$  и сам процесс, но получить точного повторения  $x(t_f)$  уже невозможно.

Поэтому *W. Weaver* и ввел понятие *Disorganized Complexity* для СВТ. Однако, в стохастике мы можем (по определенным правилам статистики) повторить выборку  $x(t_f)$ . После многих повторов опыта получается выборка  $x(t_f)$  и эта выборка может быть повторена на втором интервале времени измерения  $\Delta t_2$ . Первая выборка получена на  $\Delta t_1$  ( $\Delta t_1 = \Delta t_2$ ).

Подчеркнем, что для биосистем мы никогда не можем повторить одну точку  $x(t_f)$  либо выборки. Но есть правила сравнения выборок в статистике. При этом сразу появляются множество *Complexity* и неопределенностей для СВТ. Например, выборки никогда (по точкам) точно не повторяются. Это уже большая *Uncertainty* и *Complexity* для всех СВТ.

Однако, за 50 лет после публикаций *W. Weaver* и Н.А. Бернштейна [6, 7] никто не задавал вопрос: можно ли повторить выборку  $x(t_f)$ , т.е. облако точек  $x(t_f)$  в ФПС? Можно ли в рамках статистики два раза подряд повторить выборку  $x(t_f)$ ?

На этот тривиальный вопрос мы получили ответ 20 лет назад в биомеханике при изучении выборок треморограмм (ТМГ). Оказывается, если два раза подряд (по 5 секунд) повторить регистрацию постурального тремора (при этом ТМГ квантуется – разбивается на 500 разных точек – дискретных значений  $x_i(t)$  положения пальца по отношению к датчику движения), то эти две выборки ТМГ статистически не совпадают.

В итоге, мы регистрировали по 2 ТМГ (каждая по 5 секунд и по 500 точек) и их сравнивали статистически. Этот парный опыт мы повторяли 100 раз и находили частоту парных статистических совпадений двух выборок ТМГ у одного и того же испытуемого (сидя, в спокойном состоянии). Оказалось, что после 100 таких парных повторений регистраций ТМГ мы получаем частоту совпадения выборок ТМГ  $p_{i,i+1} \leq 0,02$ .

В 100-а таких повторах обычно не более 2-х пар выборок ТМГ могут показать критерий Вилкоксона  $p_{i,i+1} \geq 0,05$ . В остальных 98% опытов две выборки статистически не совпадают. Для них критерий Вилкоксона  $p_{i,i+1} < 0,05$ . Это все доказывает крайне низкое статистическое совпадение выборок ТМГ.

Отсюда был сделан вывод: выборки ТМГ статистически не устойчивы. Их невозможно два раза подряд статистически повторить. Вероятность их совпадения менее 0,02, что в статистике определяется как невозможное событие. Напомним, что в статистике (при повторах испытаний) обычно требуют вероятность совпадения  $p \geq 0,95$ . Такова например, доверительная вероятность  $\beta \geq 0,95$ .

Отсутствие статистических совпадений выборок ТМГ говорит о статистической неустойчивости выборок. Это дает ответ на гипотезу Н.А. Бернштейна (нет повторений самих выборок  $x_i(t)$ ). Такой результат (после многих тысяч измерений) мы обозначили как эффект Еськова-Зинченко (ЭЭЗ) [1-4, 8-11, 17-27].

## 2. Статистика в биомеханике.

Отметим, что постуральный тремор – это попытка реализовать статистику (неподвижность) при организации биомеханического акта. Человек пытается удержать палец (или руку) в равновесии (и должно быть  $dx_1/dt = 0$  ( $x_1 = const$ )), но это невозможно. Возникает другой (второй после ЭЭЗ) постулат: в биомеханике невозможен покой,  $dx_1/dt \neq 0$  всегда.

Напомним, что  $x_1(t)$  – это координата пальца испытуемого по отношению к датчику. В итоге мы имеем уже две фундаментальные аксиомы биомеханики: конечность человека не может находиться в покое, т.к.  $dx_1/dt \neq 0$  всегда. Тремор – это базовая свойство в биомеханике (при попытках удержать палец в покое).

Второй постулат (аксиома): не только  $dx_1/dt \neq 0$  (координата  $x_i(t)$  непостоянна), но и выборку  $x_i(t)$  для любого испытуемого невозможно два раза повторить произвольно. Мы раскрыли суть гипотезы Бернштейна: нет «повторений» самих выборок ТМГ, это и есть «повторения без повторений». Одновременно мы доказали почему СТТ не могут быть объектом ДСН (СТТ требуют новую (третью) науку) [8-11, 25-36].

Во всех последующих опытах мы не делали уже парных испытаний, а просто 15 раз подряд регистрировали ТМГ (у одного и того же испытуемого). В итоге мы получали 15 выборок ТМГ (у одного человека, в покое, сидя) и попарно сравнивали все 15 выборок ТМГ между собой.

Такая методика позволяет сравнивать все 15 выборок ТМГ и анализировать биомеханику и физиологию НМС за длительный интервал времени  $\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_{15}$ . Мы узнавали, что происходит с человеком до  $\Delta t_2$  и после  $\Delta t_2$ , что никто даже не пытался проверить до нас за последние 100-150 лет [1-4, 8-11].

Это принципиальный вопрос, т.к. во всей биомеханике никто и никогда не пытался узнать, что было с биосистемой до  $\Delta t_1$  и после интервала  $\Delta t_1$ . В биомеханике условно считается, что с биосистемой ничего не происходит до и после интервала измерения  $\Delta t_1$ . Это оставалось догмой последние 100-150 лет и это было огромным заблуждением (ошибкой!) [29-36].

С биосистемой непрерывно и хаотически что-то происходит так, что  $dx_1/dt \neq 0$  и все выборки  $x_i(t)$  непрерывно и хаотически изменяются (ЭЭЗ) [8-11, 17-25]. Это уже аксиома всей НМС и всей биомедицины. Это означает, что статистика уже не работает (описывает прошлое СТТ).

Если любая выборка  $x_i(t)$  – это прошлое для СТТ, то мы уже не можем делать прогноз будущего состояния биосистемы. Без прогноза будущего (после окончания опыта) нет науки (нет ДСН). Мы приходим ко 2-й гипотезе *W. Weaver*: нужно создавать новую (третью) науку для описания биосистемы [7].

Для иллюстрации всего сказанного представим характерную матрицу парных сравнений 15-ти выборок ТМГ, которые были получены от одного испытуемого (регистрация ТМГ подряд по 5 секунд и с последующей дискретизацией ТМГ). Подчеркнем, что в каждой такой выборке было не менее 500 точек. В табл. 1 даны критерии Вилкоксона  $p_{i,j}$  для каждой  $i$ -й и  $j$ -й выборок.

Оказалось, что числа  $k_l$  пар выборок ТМГ, для которых критерий Вилкоксона  $p_{i,j} \geq 0,05$  (тогда такая пара ТМГ может иметь общую генеральную совокупность) весьма мало ( $k_l=4$ ). В табл. 1 более 95% пар (из всех 105-ти разных пар сравнения) не могут иметь общую генеральную совокупность, их  $p_{i,j} < 0,05$ . В итоге, мы доказали ЭЭЗ, т.е. уникальность любой выборки ТМГ.

Подчеркнем, что таких таблиц было построено несколько сотен (для разных испытуемых – мужчин, женщин, детей и т.д.) и везде закономерность одинакова:  $k_l \leq 5\%$  от всех 105-ти разных пар ТМГ в каждой такой матрице. Это завершает использование статистики в изучении любых биомедицинских процессов. Возникает проблема объяснения таких хаотических процессов.

### **3. Хаос в биомеханике возникает из-за хаоса в электромиограммах.**

Очевидно, что невозможность выполнения условий статики (там всегда  $dx_1/dt=0$ ) еще не гарантирует хаос в выборках ТМГ. Обеспечение устойчивости в ТМГ связано со статистической устойчивостью выборок ЭМГ. Иными

словами, мы должны ответить на вопрос: ЭМГ при статическом напряжении любой может ли сохраняться электромиограмма – мышцы?

Таблица 1

**Матрица парного сравнения выборок треморограмм (ТМГ) одного и того же человека (без нагрузки, число повторов  $n=15$ ), использовался критерий Вилкоксона (критерий различия  $p<0,05$ , число совпадений  $k_I=4$ )**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	<b>0,07</b>	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	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00
9	<b>0,69</b>	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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,75	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	<b>0,75</b>		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	<b>0,11</b>	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	0,00	0,00	0,00	0,00	

Действительно, если мышца развивает некоторое статическое (неизменное) напряжение, то мышца как бы находится в неизменном (статичном) состоянии.

Удержание пальца в режиме  $dx_1/dt=0$  ( $x_1=const$ ) должно бы было привести к статистической устойчивости выборок ЭМГ.

Таблица 2

**Матрица парного сравнения выборок электромиограмм (ЭМГ) одного и того же человека (при слабой статической нагрузке,  $F_I=100Н$ ), использовался критерий Вилкоксона (критерий различий  $p<0,05$ , число совпадений  $k_2=8$ )**

	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	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
2	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00		0,08	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	<b>0,08</b>		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	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	0,05	0,22	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	<b>0,46</b>	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,77</b>	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		0,46	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	<b>0,46</b>		0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,05	0,00	<b>0,13</b>	<b>0,10</b>	0,05	0,00	<b>0,20</b>	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,22</b>	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	0,00	0,00	0,00	0,00	

Нами было выполнены тысячи измерений ЭМГ различных мышц при их неизменном напряжении с  $F=const$  (в

режиме 15-ти повторений регистрации выборок ЭМГ по 5 секунд, период квантования 1000 Гц). В итоге были

построены сотни матриц парных сравнений выборок (в каждой выборке по 5000 точек) ЭМГ (от одного испытуемого). В итоге сотни таких матриц показали отсутствие статистической устойчивости выборок ЭМГ (в виде ЭЭЗ).

Для примера мы представляем типичную (из многих сотен других) матрицу парных сравнений 15-ти выборок ЭМГ (один испытуемый, регистрация биполярными электродами ЭМГ от мышцы *abductor digiti nova*, при сжатии в кисти динамометра с силой  $F_1=100\text{Н}$ ).

В этой табл. 2 число пар выборок ЭМГ, у которых критерий Вилкоксона  $p_{i,j} \geq 0,05$  (эти две выборки могут иметь одну, общую генеральную совокупность) очень невелико ( $k_2=8$ ). Подчеркнем, что во всех наших исследованиях с разными мышцами (в режиме удержания заданного напряжения,  $F_1=const$ ) это число  $k_2 \leq 15\%$  от всех 105-ти разных пар (в каждой матрице).

Очевидно, что это число  $k_2$  в 2-3 раза больше, чем  $k_1$  для биомеханического (в виде ТМГ) компонента, но всегда  $k_2 \leq 15\%$ . Это доказывает реальность ЭЭЗ и для мышц, но мышцы несколько более статистически устойчивы, чем механические параметры. Включение в работу суставов, кожи, костей и т.д. усиливает долю статистического хаоса.

В целом, вся биомеханика и физиология НМС доказывает отсутствие статистической устойчивости выборок ТМГ и ЭМГ. Иными словами, организация движений происходит в рамках ЭЭЗ. В этом случае выборки уникальны и использовать далее методы и модели статистики для описания организации движений весьма проблемно. Нет прогноза будущего по уже полученным выборкам ТМГ и ЭМГ.

**Обсуждение.** В настоящее время во всей биомедицине, психологии, экологии и других науках о живых системах господствует догма о статистической

устойчивости любой выборки любого параметра биосистемы. В нашем случае речь идет о биомеханическом компоненте (тремограмме – ТМГ) и о биоэлектрическом компоненте (ЭМГ) для одного испытуемого [1-4, 8-11, 17-27].

Регистрация ТМГ и ЭМГ представляет статику в организации движений, т.е. подразумевается определенная неизменность параметров ТМГ или ЭМГ. При этом никто и никогда не ставил вопрос о том, что происходит с биосистемой до интервала времени  $\Delta t_1$  (время регистрации выборки ТМГ или ЭМГ) и после интервала  $\Delta t_1$ .

Сохраняются ли выборки этих параметров на длительном интервале времени  $T$  или хотя бы на следующем интервале  $\Delta t_2$  ( $\Delta t_1 = \Delta t_2$  по величине). Никто не пытался проверить гипотезу Н.А. Бернштейна (о «повторении без повторений» [6]) и гипотезу *W. Weaver* (биосистемы – СТТ не могут быть объектом всей ДСН) [7].

Мы это начали делать (проверять устойчивость выборок ТМГ и ЭМГ) 20 лет назад и доказали ЭЭЗ [1-4, 8-11, 29-38]. Оказалось, что любая выборка ТМГ или ЭМГ может совпадать с другой выборкой (на интервале измерения  $\Delta t_2$ ) с вероятностью  $p_1 \leq 0,02$  для ТМГ и  $p_2 \leq 0,1$  для ЭМГ.

Для статистики это крайне малые величины и это доказывает ЭЭЗ. Напомним, что в статистике обычно такое  $p \geq 0,95$ , а в доказательной медицине требуют и  $p \geq 0,99$  (и более). Все это совершенно невозможно для организации движений, где обычно  $p \leq 0,15$ . Тогда возникает статистическая неустойчивость выборок  $x(t)$  и дальше применять статистику уже невозможно.

Подчеркнем, что в данном сообщении, мы рассматривали случай статики, когда человек пытается удержать конечность в данном положении (постуральный тремор)

или данную мышцу в заданном усилении ( $F_1=const$ ). Оказалось, что при этом выборки не будут совпадать (ЭЭЗ), т.е. статичность (устойчивость  $x_i(t)$ ) невозможна [1-4, 12-16].

Учитывая все это (и ранее опубликованные данные по ТМГ и ЭМГ), мы можем сейчас говорить, что биомеханика и физиология НМС не могут базироваться на методах и моделях статистики (и всей стохастики в целом). Нужны другие методы и другая наука для изучения ТМГ и ЭМГ, т.е. статичных состояний НМС.

Зная прошлые выборки ТМГ и ЭМГ (на интервале  $\Delta t_1$ ) мы ничего не можем сказать о будущем состоянии таких биосистем. Будущее не имеет прогноза в биомеханике и физиологии НМС. Мы сейчас должны создавать новые методы, модели для описания статистически неустойчивых биосистем (СТТ). Именно это и прогнозировал *W. Weaver* в 1948 году.

Гипотеза *W. Weaver* была доказана нами в биомеханике на примере статики – попыток удержать конечность (палец) в заданной точке пространства или создать фиксированное напряжение в мышце ( $F_1=const$ ). Однако НМС не может обеспечить статику. Непрерывно  $dx_1/dt \neq 0$ , где  $x_1(t)$  – координата пальца или величина биопотенциалов мышц (ЭМГ).

Статика в биомеханике и физиологии НМС невозможна, хотя организм пытается это сделать (мысленно мы пытаемся создать  $x_2=dx_1/dt=const$ , но реально  $x_2 \neq 0$  непрерывно). Биосистема не может находиться в статике и начало этому заложено уже в ЭМГ. Любая мышца генерирует непрерывно изменяющиеся, хаотические  $x_1(t)$  и  $x_2(t)$ . Это далее реализуется в движениях и «покое».

**Выводы.** Организация любого движения происходит по гипотезе Н.А. Бернштейна («повторение без повторений»

[6]) и гипотезе *W. Weaver* (СТТ – не объект ДСН). За 20 последних лет мы доказали, что любая выборка в биомеханике (ТМГ) и электрофизиологии мышц (ЭМГ) не может быть произвольно статистически повторена. Мы имеем статистический хаос ТМГ и ЭМГ.

Существенно, что удержание пальца в данной точке пространства (или мышцы в заданном напряжении  $F_1=const$ ) невозможно в принципе. Мы всегда имеем  $dx_1/dx \neq 0$  ( $x_2 \neq const$ ). Более того, получаемые выборки ТМГ и ЭМГ будут статистически уникальными, их невозможно произвольно два раза повторить. Возникают реальные *Complexity, Uncertainty* и *Unpredictability* для НМС.

Все это получило название эффекта Еськова-Зинченко (ЭЭЗ), который не имеет аналогов во всей современной науке. Это означает, что будущее в биомеханике и физиологии НМС невозможно прогнозировать. Необходимо создавать новую науку, новые методы и модели в физиологии НМС.

При этом становится очевидным, что первичный хаос возникает в мышцах, т.к. числа  $k_2$  для ЭМГ в 2-3 раза всегда больше, чем в биомеханике (для ТМГ). Оба вида такой статики не являются статикой в реальности. Организация движений (в статике) происходит по законам хаоса, но это не является детерминированным хаосом (о котором говорил *I.R. Prigogine* и *Kelso*).

## Литература

1. Eskov, V.M., Gavrilenko, T.V., Kozlova, V.V., Filatov, M.A. (2012). Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems // Measurement techniques. Vol. 55(9). (pp. 1096-1101). DOI: 10.1007/S11018-012-0082-0

2. Betelin, V.B., Eskov, V.M., Galkin, V.A., Gavrilenko, T.V. (2017). Stochastic volatility in the dynamics of complex homeostatic systems // *Doklady Mathematics*. Vol. 95(1). (pp. 92-94). DOI: 10.1134/S1064562417010240
3. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Filatova, O.E. (2011). Characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states // *Measurement techniques*. Vol. 53 (12). (pp. 1404-1410). DOI: 10.1007/S11018-011-9673-4
4. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Gavrilenko, T.V., Zimin, M.I. (2014). Uncertainty in the quantum mechanics and biophysics of complex systems // *Moscow university physics bulletin*. Vol. 69 (5). (pp. 406-411). DOI: 10.3103/S002713491405004X
5. Hill, A.V. (1956). Why biophysics? // *Science*. 956. Vol. 124, № 3234. (pp.1233-1237).
6. Bernshtein, N.A. (1967). *The coordination and regulation of movements* // Oxford, New York, Pergamon Press.
7. Weaver, W. (1948). *Science and Complexity* // *American Scientist*. Vol. 36. (pp. 536-544).
8. Eskov, V.M. (1995). Hierarchical respiratory neuron networks // *Modelling, Measurement and Control C*. 48(1-2). (pp. 47-63).
9. Eskov, V.M. (1994). Cyclic respiratory neuron network with subcycles // *Neural Network World*. 4(4). (pp. 403-416).
10. Eskov, V.M., Gavrilenko, T.V., Vokhmina, Y.V., Zimin, M.I., Filatov, M.A. (2014). Measurement of chaotic dynamics for two types of tapping as voluntary movements // *Measurement techniques*. Vol. 57(6). (pp. 720-724). DOI: 10.1007/S11018-014-0525-X
11. Eskov, V.V., Gavrilenko, T.V., Eskov, V.M., Vokhmina, Y.V. (2017). Phenomenon of statistical instability of the third type systems – complexity // *Technical physics*. Vol. 62(11). (pp. 1611-1616). DOI: 10.1134/S106378421711007X
12. Zilov, V.G., Eskov, V.M., Khadartsev, A.A., Eskov, V.V. (2017). Experimental Verification of the Bernstein Effect “Repetition without Repetition” // *Bulletin of experimental biology and medicine*. Vol. 163(1). DOI: 10.1007/S10517-017-3723-0
13. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Vochmina, J.V., Gavrilenko, T.V. (2016). The evolution of the chaotic dynamics of collective modes as a method for the behavioral description of living systems // *Moscow university physics bulletin*. Vol. 71(2). (pp. 143-154). DOI: 10.3103/S0027134916020053
14. Zilov, V.G., Khadartsev, A.A., Eskov, V.M., Ilyashenko, L.K. (2019). New effect in physiology of human nervous muscle system // *Bulletin of experimental biology and medicine*. Vol. 167(4). (pp. 419-423). DOI:10.1007/s10517-019-04540-x
15. Eskov, V.M., Papshev, V.A., Eskov, V.V., Zharkov, D.A. (2003). Measuring biomechanical parameters of human extremity tremor // *Measurement techniques*. Vol. 46 (1). (pp. 93-99). DOI: 10.1023/A:1023482026679
16. Eskov, V.M. (1996). Models of hierarchical respiratory neuron networks // *Neurocomputing*. Vol. 11(2-4). (pp. 203-226). DOI: 10.1016/0925-2312(95)00048-8
17. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Braginskii, M.Ya., Pashnin, A.S. (2011). Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort // *Measurement techniques*. Vol. 54(7). (pp. 832-837). DOI: 10.1007/S11018-011-9812-Y



18. Es'kov, V.M., Filatova, O.E., Ivashenko, V.P. (1994). Computer identification of compartmental neuron circuits // *Measurement techniques*. Vol. 37(8). (pp. 967-971). DOI: 10.1007/BF00977157
19. Zilov, V.G., Khadartsev, A.A., Eskov, V.V. and Eskov, V.M. (2017). Experimental Study of Statistical Stability of Cardiointerval Samples // *Bulletin of experimental biology and medicine*. Vol. 164 (2). (pp. 115-117). DOI: 10.1007/S10517-017-3937-1
20. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Vochmina, Y.V., Gorbunov, D.V., Ilyashenko, L.K. (2017). Shannon entropy in the research on stationary regimes and the evolution of complexity // *Moscow University Physics Bulletin*. Vol. 72(3). (pp. 309-317). DOI: 10.3103/S0027134917030067
21. Vokhmina, Y.V., Eskov, V.M., Gavrilenko, T.V., Filatova, O.E. (2015). Measuring order parameters based on neural network technologies // *Measurement techniques*. Vol. 58(4). (pp. 462-466). DOI: 10.1007/S11018-015-0735-X
22. Grigorenko, V.V., Eskov, V.M., Nazina, N.B., Egorov, A.A. (2020). Information-analytical system of cardiographic information functional diagnostics // *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1515. Pp. 052027 DOI:10.1088/1742-6596/1515/5/052027
23. Eskov, V.V., Filatova, D.Y., Ilyashenko, L.K., Vochmina, Y.V. (2019). Classification of uncertainties in modeling of complex biological systems // *Moscow university physics bulletin*. Vol. 74(1). (pp. 57-63). DOI: 10.3103/S0027134919010089
24. Zilov, V.G., Khadartsev, A.A., Ilyashenko, L.K., Eskov, V.V., Minenko, I.A. (2018). Experimental analysis of the chaotic dynamics of muscle biopotentials under various static loads // *Bulletin of experimental biology and medicine*. 165(4). (pp. 415-418). DOI: 10.1007/s10517-018-4183-x
25. Zilov, V.G., Khadartsev, A.A., Eskov, V.V., Ilyashenko, L.K., Kitanina, K.Yu. (2019). Examination of statistical instability of electroencephalograms // *Bulletin of experimental biology and medicine*. Vol. 168(7). (pp. 5-9). DOI: 10.1007/s10517-019-04633-7
26. Eskov, V.M., Filatov, M.A., Grigorenko, V.V., Pavlyk, A.V. (2020). New information technologies in the analysis of electroencephalograms // *Journal of Physics Conference Series*. Vol. 1679. P. 032081 DOI:10.1088/1742-6596/1679/3/032081
27. Eskov, V.V. (2021). Modeling of biosystems from the stand point of “complexity” by W. Weaver and “fuzziness” by L.A. Zadeh // *Journal of Physics Conference Series*. Vol. 1889(5). P. 052020 DOI:10.1088/1742-6596/1889/5/052020
28. Filatova, O.E., Bashkatova, Yu.V., Shakirova, L.S., Filatov, M.A. (2021). Neural network technologies in system synthesis // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 1047. P. 012099 DOI: 10.1088/1757-899X/1047/1/012099
29. Gazya, G.V., Eskov, V.V., Filatov, M.A. (2021). The State of the Cardiovascular System Under the Action of Industrial Electromagnetic Fields // *International journal of biology and biomedical engineering*. Vol. 15. (pp. 249-253). DOI: 10.46300/91011.2021.15.30
30. Gazya, G.V., Eskov, V.M. (2021). Uncertainty of the first type in industrial ecology // *Earth and Environmental Science: Conference Series*. Vol. 839. P. 042072. DOI:10.1088/1755-1315/839/4/042072
31. Eskov, V.M., Filatova, O.E. (2003). Problem of identity of functional states in

- neuronal networks //Biophysics. 48(3). (pp. 497-505).
32. Es'kov, V.M., Filatova, O.E., Ivashenko, V.P. (1994). Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement Techniques. 37(8). (pp. 967-971).
33. Eskov, V.M. (2014). Evolution of the emergent properties of three types of societies: The basic law of human development // Emergence: complexity and organization. Vol. 16(2). (pp. 107-115).
34. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Gavrilenko, T.V., Vochmina, Y.V. (2017). Formalization of the effect of “repetition without repetition” discovered by N.A. Bernshtein // Biophysics. Vol. 62(1). (pp. 143-150).