

**ВОМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНТРОПИИ В БИОМЕХАНИКЕ**Г.В. ГАЗЯ<sup>1,2</sup>, А.Ю. КУХАРЕВА<sup>2</sup>, Н.Ф. ГАЗЯ<sup>2</sup>, Т.В. ВОРОНИЮК<sup>2</sup><sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», ул. Чехова, 16, г. Ханты-Мансийск, Россия, 628012<sup>2</sup>БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, Россия, 628400

**Аннотация.** Открытие эффекта Еськова-Зинченко в биомеханике привело к доказательству потери однородности любых выборок и потере эргодичности выборок любых параметров функций организма человека. В итоге, все это было определено как неопределенность 2-го типа. Однако в новой, третьей науке для биосистем возникают и неопределенность 1-го типа. В этом случае все статистически совпадают, но организм испытуемых объективно находится в разных физиологических, психических, экологический или физиологических состояниях. Данное сообщение предназначено для доказательства такой неопределенности именно в биомеханике (таких примеров еще не было) на примере применения расчетов энтропии в оценке треморограмм.

**Ключевые слова:** энтропия, неопределенность, эффект Еськова-Зинченко.

**POSSIBILITIES OF APPLYING ENTROPY IN BIOMECHANICS**G.V. GAZYA<sup>1,2</sup>, A.Yu. KUKHAREVA<sup>2</sup>, N.F. GAZYA<sup>2</sup>, T.V. VORONYUK<sup>2</sup><sup>1</sup>Ugra State University, 6, Chekhova str., Khanty-Mansiysk, Russia, 628012<sup>2</sup>Surgut State University, Lenina pr., 1, Surgut, Russia, 628400

**Abstract.** The discovery of the Eskov-Zinchenko effect in biomechanics led to proof of the loss of homogeneity of any samples and the loss of ergodicity of samples of any parameters of the functions of the human body. As a result, all this was defined as type 2 uncertainty. However, in the new, third science for biosystems, type 1 uncertainty also arises. In this case, everyone is statistically the same, but the body of the subjects is objectively in different physiological, mental, environmental or physiological states. This message is intended to prove such uncertainty specifically in biomechanics (there have not been such examples yet) using the example of the use of entropy calculations in the assessment of tremorograms.

**Key words:** entropy, uncertainty, Eskov-Zinchenko effect.

**Введение.** Более двадцати лет школа профессора Еськова В.М. изучает статистическую неустойчивость систем третьего типа (СТТ) – биосистем. Напомним, что именно в биомеханике был открыт эффект Еськова-Зинченко (ЭЕЗ) [1-9]. Именно в ЭЕЗ было доказано отсутствие свойства эргодичности для треморограмм (ТМГ) и теппинграмм (ТПГ).

Это свойство уникальности любой выборки ТМГ или ТПГ в нашей теории хаоса самоорганизации (ТХС) было обозначено как неопределенность 2-го типа (НВТ). Напомним, что понятию определенности и неопределенности (Uncertainty) была посвящена целая монография I.R.Prigogine [10] и статья M.Gell-Mann (об Unpredictability) [11].

Однако, это касалось детерминизма и квантовой механики.

Оба нобелевских лауреата пытались детализировать и обобщить Uncertainty и Unpredictability на биосистемы [10-11]. Якобы об этом говорили и нобелевские лауреаты R.Penrose [12] и В.Л. Гинзбург [13]. Однако, никто не представлял реальные доказательства этому за последние 40-50 лет. Более того, попытки обратить внимание на эту проблему игнорировались.

В 1948 году W.Weaver пытался об этом сказать в своей статье [14], где он противопоставил Complexity (он приравнял Complexity и Uncertainty) всей современной Science. Однако, только 23 года назад школа профессора В.М. Еськова начала

реально доказывать особые качества биосистем (СТГ) в виде ЭЭЗ [1-9,15-28].

В итоге была доказана не только НВТ, но в ТХС была определена и неопределенность 1-го типа (НПТ). Подчеркнем, что НПТ была доказана для параметров сердечно - сосудистой системы (ССС), но в биомеханике примеры отсутствовали. Эту проблему в биомеханике вообще игнорировали.

В настоящей статье мы представляем такие примеры. При этом мы детально изучаем и особые свойства энтропии Шеннона  $H$  на примере ТМГ. Все это составляет сейчас новый блок (направление) для биомеханики и ТХС в целом.

**1. Энтропия Шеннона в биомеханике.** Сразу отметим, что ЭЭЗ был исходно доказан на основе изучения выборок ТМГ и ТПГ, т.е. именно в биомеханике. Однако, наличие НПТ для биомеханики не было доказано за последние 20 лет и тем более за более длительный срок [1-9, 19-28]. Считается, что статистика работает при описании любых биосистем. Весь ЭЭЗ базируется на расчетах статистических функций распределений  $f(x)$ , их статистических характеристик, спектральных плоскостей

сигнала (СПС), автокорреляций  $A(t)$  и т.д. Расчет энтропии Шеннона в биомеханике используется крайне редко и поэтому мы не нашли объяснение.

Напомним, что энтропия  $H$  всегда хорошо работала в физике, когда с системой происходили некоторые физические изменения (тело человека имеет физическую основу, поэтому физический подход уместен, особенно в биомеханике. Однако работ в этой области крайне мало [1-9].

Известно, что эффект Еськова – Зинченко (ЭЭЗ) впервые был открыт именно в биомеханике на примерах ТМГ и ТПГ. Фактически, речь идет о потере эргодичности и о невозможности статистического повтора любой выборки статистических параметров движения. Это относится и к СПС,  $A(t)$  и к другим биомеханическим параметрам в рамках традиционного статистического подхода.

Именно в биомеханике имеется самая низкая устойчивость. Для примера мы представим матрицу парных сравнений выборок ТМГ для одного и того же испытуемого (в покое). Очевидно, что в этой табл.1 мы имеем крайне малое число пар выборок ТМГ, для которых критерий Вилкоксона  $p \geq 0,05$ .

Таблица 1

**Матрица парного сравнения выборок треморограмм (ТМГ) одного и того же человека (без нагрузки, число повторов  $n=15$ ), использовался критерий Вилкоксона (критерий различий  $p < 0,05$ , число статистических совпадений  $k=3$ ).**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	<b>.63</b>	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
3	.00	.00		<b>.69</b>	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
4	.00	.00	<b>.69</b>		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
5	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
6	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
7	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
8	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
9	<b>.63</b>	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00	.00
10	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	.00	.00
11	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00	<b>.70</b>
12	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00	.00
13	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00	.00
14	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00		.00
15	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	<b>.70</b>	.00	.00	.00	

Такая же закономерность у нас получилась и для СПС,  $A(t)$  и т.д. Все это доказывает ЭЭЗ, т.е. отсутствие статистической устойчивости выборок в

биомеханике. Все это сейчас в новой теории хаоса-самоорганизации обозначается как неопределенность 2-го

типа (НВТ). Это и есть ЭЕЗ, что требует создания новой науки [1-9].

Однако в ТХС доказана реальность двух неопределенностей. Это НВТ (в виде ЭЕЗ) и неопределенность 1-го типа (НПТ). В этом случае статистика не дает различий по выборкам, но с биосистемами реально что-то происходит, они изменяются [28-49]. Это тоже доказывает ограниченность применения статистики.

**2. Неопределенность 1-го типа в биомеханике.** Как мы уже отмечали выше, вся ТХС ранее не демонстрировала НПТ для параметров биомеханических систем. В этом случае возникает закономерный вопрос: имеет ли НПТ глобальный характер или она работает только для параметров сердечно-сосудистой системы (ССС)? Для СССР имеется много примеров, но для нервно – мышечной системы (НМС) таких исследований не проводилось.

В биомеханике мы можем использовать только два параметра – это фазовые

координаты  $x(t)$  (положение пальца по вертикали) и  $dx_2(t)=dx_1/dt$ , т.е. скорость изменения  $x(t)$ . Для этих величин мы можем создать выборки и их сравнивать в рамках классической статистики.

Однако, сейчас мы рассчитывали параметры энтропии Шеннона  $H$  для ТМГ в режиме многих повторений регистрации треморограмм. Для одного и того же испытуемого по выборкам ТМГ мы находим значение  $H$ . Всего регистрировали 225 выборок ТМГ, для которых находили 15 серий выборок  $H$ . Иными словами 225 выборок были разбиты на 15 серий.

В каждой такой серии было по 15 выборок ТМГ, которые обеспечили расчет 15-ти выборок  $H$  для данного испытуемого. В итоге мы получили табл.2 для испытуемого находящегося в покое. Для этих выборок и для того же испытуемого находили среднее значение  $\langle H \rangle$  для каждой такой серии.

Таблица 2

**Результаты статистической обработки динамики поведения  $H$  – энтропии Шеннона для тремора одного и того же человека (число повторов  $N=15 \times 15$ ).**

	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_5$	$H_6$	$H_7$	$H_8$	$H_9$	$H_{10}$	$H_{11}$	$H_{12}$	$H_{13}$	$H_{14}$	$H_{15}$
1	3.322	3.322	3.122	3.122	3.322	3.322	3.122	2.646	3.322	3.122	3.322	3.322	3.322	3.122	2.922
2	3.322	3.322	3.122	3.122	2.922	2.846	3.122	3.322	3.322	2.722	3.322	3.322	2.922	3.122	3.322
3	3.122	3.122	3.122	3.322	3.122	3.122	3.122	3.322	3.122	2.846	3.122	3.122	3.122	3.122	3.122
4	3.122	2.922	3.122	3.122	3.322	3.122	3.122	3.122	3.122	2.722	3.322	3.322	3.122	3.322	2.922
5	3.322	2.922	3.122	2.922	3.122	3.122	2.646	3.122	3.322	2.922	2.922	3.122	3.322	3.122	3.322
6	2.922	3.322	3.322	3.122	3.322	2.922	3.122	3.122	3.122	3.122	3.122	3.322	3.122	3.122	3.122
7	3.322	2.922	3.322	3.322	3.122	3.122	3.322	2.922	3.322	3.122	3.122	3.122	3.122	3.122	3.322
8	3.122	3.322	3.322	2.522	3.322	3.122	2.846	3.122	3.322	2.846	3.122	3.122	3.122	2.922	3.122
9	3.322	3.122	3.122	3.322	3.322	3.322	2.922	3.122	3.322	3.322	3.122	3.322	3.122	2.846	3.322
10	2.922	2.922	3.322	2.846	3.122	3.122	3.322	3.122	3.322	3.322	2.922	3.322	2.922	3.322	3.322
11	3.322	3.322	3.322	3.322	3.322	3.122	3.122	3.322	2.846	3.322	3.322	2.922	3.322	3.322	3.322
12	2.922	3.322	3.122	3.322	3.322	3.122	3.322	3.322	2.922	3.122	3.322	3.122	3.122	2.922	3.322
13	2.846	3.322	3.122	3.322	3.122	2.922	3.322	3.322	2.846	2.922	2.846	3.322	3.122	3.122	3.322
14	3.322	3.322	3.122	3.322	3.322	3.322	3.122	2.922	3.122	3.322	3.322	2.922	3.122	3.322	2.922
15	2.922	2.846	3.122	3.122	3.322	3.322	3.122	3.122	3.322	3.122	3.122	3.322	3.322	2.922	3.322
$\langle H \rangle$	3.143	3.157	3.189	3.143	3.228	3.130	3.112	3.130	3.178	3.058	3.157	3.202	3.149	3.117	3.202

Имея 15 выборок  $H$  в каждой серии для всех 15-ти серий, мы можем построить матрицу парных сравнений всех этих 225-ти значений  $H$  для одного испытуемого (в покое). Были построены такие матрицы и найдены критерии Вилкоксона  $P_{ij}$  для каждой  $i$ -й и  $j$ -й выборки значений  $H$  для нескольких испытуемых.

Оказалось, что такие матрицы парных сравнений выборки  $H$  имеют очень малое значение чисел  $k$ . Здесь  $k$  – число пар выборок  $H$ , которые при парном сравнении по значениям  $p_{ij}$  устойчиво превышают

$p \geq 0,05$ . Это является критерием неизменности статистического совпадения этих двух выборок  $H$  во всей статистике.

Очевидно, что для выборок энтропии  $H$  мы имеем статистическую устойчивость, т.е. отсутствует ЭЕЗ и нет потери эргодичности. В этой связи возникает как бы возможность использования энтропии  $H$  в качестве разных инвариантов. Но ситуация здесь гораздо сложнее. При отсутствии неопределенности 2-го типа для  $H$  мы имеем НПТ. Иными словами статистика все-таки не работает, хотя и нет для  $H$  ЭЕЗ.

Как это было доказано, мы регистрировали  $H$  для одного и того же испытуемого сначала в покое (см. табл.2), а затем при статичной нагрузке на конечность. С физической точки зрения такая нагрузка приводит к совершенно дополнительной работе  $A$  и это требует изменения величины  $H$ . Это законы физики: совершение работы изменяет энтропию. На этом основана вся термодинамика.

В разных сериях испытаний для одного и того же испытуемого при анализе выборок ТМГ до и после статистической нагрузки мы не наблюдали существенных изменений для таких выборок  $H$ . Оказалось, что сравнения выборок  $H$  показывают критерии Вилкоксона, которые существенно не различаются. Обычно  $P_{ij}$  гораздо меньше 0,05 для самих выборок ТМГ, но выборки  $H$  это не показали. Совершение работы не приводит к увеличению энтропии  $H$ .

Обычно эти критерии  $P_{ij} \geq 0,05$  и более. Это означает, что с позиций стохастики любые две выборки  $H$  (до и после нагрузки) имеют общую генеральную совокупность. Они могут статистически совпадать, что физически невозможно совсем (из-за дополнительной работы). Это противоречит термодинамике.

Биомеханическая система находится в разных физических состояниях, совершается большая работа  $A$  и энтропии Шеннона не должны совпадать. Однако, это мы не наблюдали во всех опытах с расчетами  $H$  для ТМГ одного человека (во многих опытах).

**Обсуждение.** Статистическое сравнение выборок ТМГ для любого испытуемого (в покое) показывает существенное различие. Это доказывает ЭЭЗ и доказывает потерю эргодичности выборок ТМГ. Если любая выборка ТМГ для одного испытуемого уникальна, то статистика больше не работает. Нужна новая наука. Сейчас такую новую науку мы создаем в виде теории хаоса-самоорганизации (ТХС). Эта ТХС основана на ЭЭЗ и втором типе неопределенности.

В этих исследованиях оставалась неизученной проблема поведения энтропии

$H$  Шеннона в параметрах ТМГ. Может ли быть энтропия  $H$  инвариантной при изучении любых биомеханических параметров? Многократные повторения регистрации выборок ТМГ как бы давали положительный ответ на этот вопрос. Для ТМГ ЭЭЗ четко наблюдался, и мы имеем НВТ.

Однако, из физики любого процесса известно, что при совершении дополнительной работы  $A$  любая физическая система должна показать изменения и энтропии  $H$ . В этой связи мы начали производить измерения выборок ТМГ до и после статистической нагрузки при постуральном треморе. Выборки  $H$  до и после нагрузки этих измерений результата не дали. Нарушаются законы термодинамики

Оказалось, что при измерении выборок ТМГ в покое и после задания статистической нагрузки  $F=3H$  значения  $H$  существенно не различаются. Критерий Вилкоксона  $P_{ij}$  в этом случае приближается к единице ( $P_{ij} \geq 0,6$ ). Выборки  $H$  с нагрузкой и без нее не различаются.

В этом случае мы говорим о возможности существования общей генеральной совокупности (в покое и при нагрузке). Это противоречит установленным физическим представлениям об энтропии  $H$  и процессах с механическими системами. Энтропия  $H$  должна изменяться, если совершается работа.

Неизменность (статистическая) выборок  $H$  при нагрузке и в покое в новой теории хаоса – самоорганизации классифицируется как неопределенность 1-го типа – НПТ. В этом случае статистика не может показывать различий, а методы ТХС могут показать реальные различия и особенно механической системы. Очевидно, что НПТ тоже запрещает дальнейшее применение статистики в изучении биосистем [30-49].

Таким образом, сами выборки  $H$  не дают ЭЭЗ, они не могут быть использованы как инварианты, но эти же выборки  $H$  в разных физических состояниях испытуемого показывают неопределенность 1-го типа. В итоге, мы

имеем ЭЭЗ для самих выборок ТМГ, т.е. неопределенность 2-го типа (НВТ), но выборки  $H$  дают другой эффект!

Подобные результаты мы получаем при изучении сердечно - сосудистой системы (ССС), где НВТ, т.е. ЭЭЗ, был доказан для всех выборок кардиоинтервалов (КИ), как в покое, так и при разных физических нагрузках. Поведение энтропии  $H$  при этом остается не изученным.

Подобные исследования следует выполнять не только для выборок КИ, но и для выборок параметров нейровегетативной системы – НВС (на примере параметров симпатической (СИМ) и парасимпатической (ПАР) НВС). Все это позволяет получить более полную картину для изучения поведения биосистем (СТТ по классификации W.Weaver 1948 года).

**Выводы.** Эффект Еськова – Зинченко (ЭЭЗ) был открыт более 20 лет назад именно для параметров биомеханических систем человека. На выборках ТМГ и теплинграмм – ТПГ была доказана потеря эргодичности, т.е. статистическая неустойчивость параметров в биомеханике.

Выборки ТМГ статистически неповторимы (для одного испытуемого в покое) с очень высокой вероятностью  $p$ . Обычно эта  $p \geq 0,95$ , что в статистике представляется как несовпадающие результаты. В нашей работе мы изучаем поведение выборок энтропии Шеннона  $H$  для ТМГ. Это доказало отсутствие ЭЭЗ для  $H$ .

Возникает иллюзия выбора  $H$  в виде инвариант. Однако, сравнение выборок  $H$  (для одного испытуемого) в покое и при физических нагрузках показало, что такие выборки совпадают с частотой  $p^* \geq 0,6$ . Для ТХС это означает появление неопределенности 1-го типа, для физики-это отрицание законов термодинамики.

С физической точки зрения это совершенно невозможно, т.к. биомеханическая система (рука и палец испытуемого) находится в разных физических состояниях. Однако при этом выборки  $H$  имеют общую генеральную совокупность. Возникает очередной парадокс: наши опыты отрицают физические представления. Подчеркнем,

что потеря эргодичности ТМГ тоже является парадоксом (это отвергает статистику). Необходимо создание новой науки для описания биосистем.

## Литература

1. Eskov, V.M., Bazhenova, A.E., Vochmina, U.V., Filatov, M.A., Plyashenko, L.K. N.A. Bernstein hypothesis in the description of chaotic dynamics of involuntary movements of person // Russian Journal of Biomechanics. 2017. Vol. 21(1). Pp. 14–23
2. Eskov, V.M., Filatova, O.E. Problem of identity of functional states in neuronal networks // Biophysics. 2003. Vol. 48(3). Pp. 497–505
3. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Gavrilenko, T.V., Vochmina, Y.V. Formalization of the effect of “repetition without repetition” discovered by N.A. Bernshtein // Biophysics (Russian Federation), 2017. Vol. 62(1). Pp. 143–150
4. Eskov, V.M., Filatova, O.E., Ivashenko, V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement Techniques, 1994. Vol. 37(8). Pp. 967–971
5. Eskov, V.M. Evolution of the emergent properties of three types of societies: The basic law of human development // Emergence: Complexity and Organization, 2014. Vol. 16(2). Pp. 107–115
6. Gavrilenko, T.V., Eskov, V.M., Khadartsev, A.A., Khimikova, O.I., Sokolova, A.A. The new methods in gerontology for life expectancy prediction of the indigenous population of Yugra // Advances in gerontology. 2014. Vol. 27(1). Pp. 30–36
7. Garaeva, G.R., Eskov, V.M., Eskov, V.V., ...Filatova, O.E., Khimikova, O.I. Chaotic dynamics of cardiointervals in three age groups of indigenous people of Ugra // Human Ecology (Russian Federation), 2015. Vol. 2015(9) Pp. 50–55
8. Eskov, V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // Modelling,

- Measurement and Control C, 1995. Vol.48(1-2) Pp. 47–63
9. Eskov, Valery M. Cyclic respiratory neuron network with subcycles // Neural Network World, 1994. Vol. 4(4) Pp. 403–416
  10. Prigogine I.R. The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature (Free Press, 1996).
  11. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // Complexity. – 1997. – Vol. 3(1). – Pp. 13-19
  12. Penrose R. Newton, quantum theory and reality. In: Hawking, S.W. Israel, W.: 300 Years of Gravity. Cambridge University Press: Cambridge. – 1987.
  13. 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. DOI: 10.1070/PU1999v042n04ABEH000 562
  14. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Vol. 36. – Pp. 536-544.
  15. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., Vokhmina Y.V. Phenomenon of statistical instability of the third type systems – complexity // Technical physics. 2017. Vol. 62(11). Pp. 1611-1616. DOI: 10.1134/S106378421711007X.
  16. Zilov V.G., Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V. Experimental Verification of the Bernstein Effect “Repetition without Repetition” // Bulletin of experimental biology and medicine. 2017. Vol. 163(1). DOI: 10.1007/S10517-017-3723-0
  17. Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina J.V., Gavrilenko T.V. The evolution of the chaotic dynamics of collective modes as a method for the behavioral description of living systems // Moscow university physics bulletin. 2016. Vol. 71(2). Pp. 143-154. DOI: 10.3103/S0027134916020053
  18. Eskov V.M., Eskov V.V., Braginskii M.Ya., Pashnin A.S. Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort // Measurement techniques. 2011. Vol. 54(7). Pp. 832-837. DOI: 10.1007/S11018-011-9812-Y
  19. 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>
  20. 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>
  21. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Шакирова Л.С., Мельникова Е.Г. Роль хаоса в регуляции физиологических функций организма / Под ред. А.А. Хадарцева. Самара: ООО «Порто-принт», 2020. – 248 с.
  22. Еськов В.В., Галкин В.А., Гавриленко Т.В., Филатова О.Е., Веденева Т.С. Понятие сложности у W. Weaver и I.R. Prigogine // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2021. – № 4. – С. 45-57.
  23. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О. Е. Конец определенности: хаос гомеостатических систем / Под ред. Хадарцева А.А., Розенберга Г.С. Тула: изд-во Тульское производственное полиграфическое объединение, 2017. – 596 с.
  24. Еськов В.М., Галкин В.А., Пятин В.Ф., Филатов М.А. Организация движений: стохастика или хаос? / Под ред. член-корр. РАН, д.биол.н., профессора Г.С. Розенберга. Самара: Издательство ООО «Порто-принт», 2020. – 144 с.
  25. Пятин В. Ф., Еськов В.В. Может ли быть статичным гомеостаз? // Успехи кибернетики. – Успехи кибернетики. – 2021.– Т. 2, №1. – С. 41-49.
  26. Eskov V.V. Modeling of biosystems from the stand point of “complexity” by W. Weaver and “fuzziness” by L.A. Zadeh // Journal of Physics Conference Series. 2021. Vol. 1889(5). P. 052020 DOI:10.1088/1742-6596/1889/5/052020
  27. Grigorenko V.V., Nazina N.B., Filatov M.A., Chempalova L.S., Tretyakov S.A.

- New information technologies in the estimation of the third type systems // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1889. P. 032003 DOI:10.1088/1742-6596/1889/3/032003
28. Khadartsev A.A., Eskov V.V., Pyatin V.F., Filatov M.A. The Use of Tremorography for the assessment of motor functions // Biomedical engineering. 2021. Vol. 54(6). Pp. 388-392. DOI:10.1007/s10527-021-10046-6
  29. Kozlova V.V., Galkin V.A., Filatov M.A. Diagnostics of brain neural network states from the perspective of chaos // Journal of Physics Conference Series. 2021. Vol. 1889(5). P. 052016 DOI:10.1088/1742-6596/1889/5/052016
  30. Eskov V.M., Filatov M.A., Grigorenko V.V., Pavlyk A.V. New information technologies in the analysis of electroencephalograms // Journal of Physics Conference Series. 2020. Vol. 1679. P. 032081 DOI:10.1088/1742-6596/1679/3/032081
  31. Eskov V.V., Manina E.A., Filatov M.A., Gavrilenko T.V. Living systems' chaos: the problem of reduction in physics and biology // AIP Conference Proceedings 2647, 070031 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0106816>
  32. 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
  33. Еськов В.М., Шакирова Л.С., Кухарева А. Математические аспекты реальности гипотезы W.Weaver в биомедицине // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – №1. – С.75-88. DOI: 10.12737/2306-174X-2023-1-72-80
  34. Газя Г.В., Филатов М.А., Шакирова Л.С. Математические доказательства гипотезы Н.А. Бернштейна о «повторении без повторений» // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – №1. – С.89-100. DOI: 10.12737/2306-174X-2023-1-81-89
  35. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Великие проблемы Гинзбурга и биомедицинские науки // Вестник новых медицинских технологий. – 2021. – Т. 28. – № 2. – С.115-120. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-2-115-120
  36. Шакирова Л.С., Кухарева А.Ю., Еськов В.М. Неопределенность первого типа параметров сердечно – сосудистой системы девочек Югры // Вестник новых медицинских технологий. – 2023. – Т. 30. – № 2. – С.111-114. DOI: 10.24412/1609-2163-2023-2-111-114
  37. Коннов П.Е., Топазова О.В., Трофимов В.Н., Еськов В.В., Самойленко И.С. Нейросети в идентификации главных клинических признаков при актиническом дерматите // Вестник новых медицинских технологий. – 2023. – Т. 30. – № 2. – С.115-118. DOI: 10.24412/1609-2163-2023-2-115-118
  38. Розенберг Г.С. Порядок- хаос, асимптотика- синергетика, классика- постнеклассика: взгляд эколога // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – №1. – С.5-17. DOI: 10.12737/2306-174X-2023-1-5-20
  39. Буданов В.Г. Посткритическая рациональность: нейросетевой путь от мира истин к миру умений // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – №1. – С.58-63. DOI: 10.12737/2306-174X-2023-1-58-63
  40. Еськов В.М., Башкатова Ю.В. Сургутский государственный университет. История создания и эволюция // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2022 – №2. – С.21-34. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-25-32
  41. Еськов В.М. Два подхода в познании природы человека // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – №1. – С.64-74. DOI: 10.12737/2306-174X-2023-1-64-71
  42. Заславский Б.Г., Филатов М.А., Еськов В.В., Манина Е.А. Проблема нестационарности в физике и биофизике. // Успехи кибернетики. – 2020.– Т. 1, №2. – С. 61–67.

43. Хадарцев А.А., Филатова О.Е., Мандрыка И.А., Еськов В.В. Энтропийный подход в физике живых систем и теории хаоса-самоорганизации. // Успехи кибернетики. – 2020. – Т. 1, №3. – С. 41-49.
44. Еськов В.М., Пятин В.Ф., Башкатова Ю.В. Медицинская и биологическая кибернетика: перспективы развития. // Успехи кибернетики. – 2020. – Т.1, №1. – С. 64-72.
45. 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). – Стр.102-112. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-11
46. Хадарцева К. А., Филатова О. Е. Новое понимание стационарных режимов биологических систем. // Успехи кибернетики. – 2022. – 3(3).– Стр. 92-101. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-10.
47. Газя Г.В., Газя Н.Ф., Еськов В.М. Проблема выбора инвариант в биокибернетике с позиции статистики // Успехи кибернетики. – 2022. – 3(4).– Стр. 102-109. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-4-12
48. Еськов В.В., Газя Г.В., Коннов П.Е. Фундаментальные проблемы биокибернетики из-за неустойчивости выборки биосистем // Успехи кибернетики. – 2022. – 3(4).– Стр. 110-122. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-4-13
49. Филатова О.Е., Филатов М.А., Воронюк Т.В., Музиева М.И. Квантовомеханический подход в электрофизиологии // Успехи кибернетики. – 2023. – 4(2). – Стр. 68-77. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-2-10
- person // Russian Journal of Biomechanics. 2017. Vol. 21(1). Pp. 14–23
2. Eskov, V.M., Filatova, O.E. Problem of identity of functional states in neuronal networks // Biophysics. 2003. Vol. 48(3). Pp. 497–505
3. Eskov, V.M., Eskov, V.V., Gavrilenko, T.V., Vochmina, Y.V. Formalization of the effect of “repetition without repetition” discovered by N.A. Bernshtein // Biophysics (Russian Federation), 2017. Vol. 62(1). Pp. 143–150
4. Eskov, V.M., Filatova, O.E., Ivashenko, V.P. Computer identification of compartmental neuron circuits // Measurement Techniques, 1994. Vol. 37(8). Pp. 967–971
5. Eskov, V.M. Evolution of the emergent properties of three types of societies: The basic law of human development // Emergence: Complexity and Organization, 2014. Vol. 16(2). Pp. 107–115
6. Gavrilenko, T.V., Eskov, V.M., Khadartsev, A.A., Khimikova, O.I., Sokolova, A.A. The new methods in gerontology for life expectancy prediction of the indigenous population of Yugra // Advances in gerontology. 2014. Vol. 27(1). Pp. 30–36
7. Garaeva, G.R., Eskov, V.M., Eskov, V.V., ...Filatova, O.E., Khimikova, O.I. Chaotic dynamics of cardiointervals in three age groups of indigenous people of Ugra // Human Ecology (Russian Federation), 2015. Vol. 2015(9) Pp. 50–55
8. Eskov, V.M. Hierarchical respiratory neuron networks // Modelling, Measurement and Control C, 1995. Vol.48(1-2) Pp. 47–63
9. Eskov, Valery M. Cyclic respiratory neuron network with subcycles // Neural Network World, 1994. Vol. 4(4) Pp. 403–416
10. Prigogine I.R. The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature (Free Press, 1996).
11. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability // Complexity. – 1997. – Vol. 3(1). – Pp. 13-19

### References

1. Eskov, V.M., Bazhenova, A.E., Vochmina, U.V., Filatov, M.A., Pyashenko, L.K. N.A. Bernstein hypothesis in the description of chaotic dynamics of involuntary movements of



12. Penrose R. Newton, quantum theory and reality. In: Hawking, S.W. Israel, W.: 300 Years of Gravity. Cambridge University Press: Cambridge. – 1987.
13. 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. DOI: 10.1070/PU1999v042n04ABEH000 562
14. Weaver W. Science and Complexity // American Scientist. – 1948. – Vol. 36. – Pp. 536-544.
15. Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Eskov V.M., Vokhmina Y.V. Phenomenon of statistical instability of the third type systems – complexity // Technical physics. 2017. Vol. 62(11). Pp. 1611-1616. DOI: 10.1134/S106378421711007X.
16. Zilov V.G., Eskov V.M., Khadartsev A.A., Eskov V.V. Experimental Verification of the Bernstein Effect “Repetition without Repetition” // Bulletin of experimental biology and medicine. 2017. Vol. 163(1). DOI: 10.1007/S10517-017-3723-0
17. Eskov V.M., Eskov V.V., Vochmina J.V., Gavrilenko T.V. The evolution of the chaotic dynamics of collective modes as a method for the behavioral description of living systems // Moscow university physics bulletin. 2016. Vol. 71(2). Pp. 143-154. DOI: 10.3103/S0027134916020053
18. Eskov V.M., Eskov V.V., Braginskii M.Ya., Pashnin A.S. Determination of the degree of synergism of the human cardiorespiratory system under conditions of physical effort // Measurement techniques. 2011. Vol. 54(7). Pp. 832-837. DOI: 10.1007/S11018-011-9812-Y
19. 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>
20. 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>
21. Eskov V.V., Pyatin V.F., Shakirova L.S., Mel'nikova E.G. Rol' haosa v regulyacii fiziologicheskikh funkcij organizma / Pod red. A.A. Hadarceva. Samara: OOO «Porto-print», 2020. – 248 s.
22. Eskov V.V., Galkin V.A., Gavrilenko T.V., Filatova O.E., Vedeneeva T.S. Ponyatie slozhnosti u W. Weaver i I.R. Prigogine // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2021. – № 4. – S. 45-57.
23. Eskov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Konec opredelennosti: haos gomeostaticeskikh sistem / Pod red. Hadarceva A.A., Rozenberga G.S. Tula: izd-vo Tul'skoe proizvodstvennoe poligraficheskoe ob"edinenie, 2017. – 596 s.
24. Eskov V.M., Galkin V.A., Pyatin V.F., Filatov M.A. Organizaciya dvizhenij: stohastika ili haos? / Pod. red. chlen-korr. RAN, d.biol.n., professora G.S. Rozenberga. Samara: Izdatel'stvo OOO «Porto-print», 2020. – 144 s.
25. Pyatin V. F., Eskov V.V. Mozhet li byt' statichnym gomeostaz? // Uspekhi kibernetiki [Russian Journal of Cybernetics] [Russian Journal of Cybernetics]. – Uspekhi kibernetiki [Russian Journal of Cybernetics] [Russian Journal of Cybernetics]. – 2021. – T. 2, №1. – S. 41-49.
26. Eskov V.V. Modeling of biosystems from the stand point of “complexity” by W. Weaver and “fuzziness” by L.A. Zadeh // Journal of Physics Conference Series. 2021. Vol. 1889(5). P. 052020 DOI:10.1088/1742-6596/1889/5/052020
27. Grigorenko V.V., Nazina N.B., Filatov M.A., Chempalova L.S., Tretyakov S.A. New information technologies in the estimation of the third type systems // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1889. P. 032003 DOI:10.1088/1742-6596/1889/3/032003
28. Khadartsev A.A., Eskov V.V., Pyatin V.F., Filatov M.A. The Use of Tremorography for the assessment of motor functions // Biomedical

- engineering. 2021. Vol. 54(6). Pp. 388-392. DOI: 10.1007/s10527-021-10046-6
29. Kozlova V.V., Galkin V.A., Filatov M.A. Diagnostics of brain neural network states from the perspective of chaos // *Journal of Physics Conference Series*. 2021. Vol. 1889(5). P. 052016 DOI:10.1088/1742-6596/1889/5/052016
  30. Eskov V.M., Filatov M.A., Grigorenko V.V., Pavlyk A.V. New information technologies in the analysis of electroencephalograms // *Journal of Physics Conference Series*. 2020. Vol. 1679. P. 032081 DOI:10.1088/1742-6596/1679/3/032081
  31. Eskov V.V., Manina E.A., Filatov M.A., Gavrilenko T.V. Living systems' chaos: the problem of reduction in physics and biology // *AIP Conference Proceedings* 2647, 070031 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0106816>
  32. 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
  33. Eskov V.M., SHakirova L.S., Kuhareva A. Matematicheskie aspekty real'nosti gipotezy W.Weaver v biomedicine // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. – 2023. – №1. – S.75-88. DOI: 10.12737/2306-174X-2023-1-72-8
  34. Gazya G.V., Filatov M.A., SHakirova L.S. Matematicheskie dokazatel'stva gipotezy N.A. Bernshtejna o «povtoreni bez povtoreniy» // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. – 2023. – №1. – S.89-100. DOI: 10.12737/2306-174X-2023-1-81-89
  35. Eskov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Velikie problemy Ginzburga i biomedicinskie nauki // *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij*. – 2021. – T. 28. – № 2. – S.115-120. DOI: 10.24412/1609-2163-2021-2-115-120
  36. SHakirova L.S., Kuhareva A.YU., Eskov V.M. Neopredelennost' pervogo tipa parametrov serdechno – sosudistoj sistemy devochek YUgry // *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij*. – 2023. – T. 30. – № 2. – S.111-114. DOI: 10.24412/1609-2163-2023-2-111-114
  37. Konnov P.E., Topazova O.V., Trofimov V.N., Eskov V.V., Samojlenko I.S. Nejroseti v identifikacii glavnyh klinicheskikh priznakov pri aktinicheskom dermatite // *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij*. – 2023. – T. 30. – № 2. – S.115-118. DOI: 10.24412/1609-2163-2023-2-115-118
  38. Rozenberg G.S. Poryadok- haos, asimptotika- sinergetika, klassika-postneklassika: vzglyad ekologa // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. – 2023. – №1. – S.5-17. DOI: 10.12737/2306-174X-2023-1-5-20
  39. Budanov V.G. Postkriticheskaya racional'nost': nejrosetevoj put' ot mira istin k miru umenij // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. – 2023. – №1. – S.58-63. DOI: 10.12737/2306-174X-2023-1-58-63
  40. Eskov V.M., Bashkatova YU.V. Surgutskij gosudarstvennyj universitet. Istoriya sozdaniya i evolyuciya // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. – 2022 – №2. – S.21-34. DOI: 10.12737/2306-174X-2022-25-32
  41. Eskov V.M. Dva podhoda v poznanii prirody cheloveka // *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*. – 2023. – №1. – S.64-74. DOI: 10.12737/2306-174X-2023-1-64-71
  42. Zaslavskij B.G., Filatov M.A., Eskov V.V., Manina E.A. Problema nestacionarnosti v fizike i biofizike. // *Uspekhi kibernetiki [Russian Journal of Cybernetics] [Russian Journal of Cybernetics]*. – 2020. – T. 1, №2. – S. 61–67.
  43. Hadarcev A.A., Filatova O.E., Eskov V.V., Mandryka I.A. Entropijnyj podhod v fizike zhivyh sistem i teorii haos-samoorganizacii. // *Uspekhi kibernetiki [Russian Journal of Cybernetics] [Russian Journal of Cybernetics]*. – Uspekhi kibernetiki [Russian Journal of Cybernetics] [Russian Journal of Cybernetics]. – 2020. – T. 1, №3. – S. 41-49.
  44. Eskov V.M., Pyatin V.F., Bashkatova Yu.V. Medicinskaya i biologicheskaya kibernetika: perspektivy razvitiya. // *Uspekhi kibernetiki [Russian Journal of*

- Cybernetics] [Russian Journal of Cybernetics]. – 2020. – Т.1, №1. – С. 64-72.
45. 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 [Russian Journal of Cybernetics] [Russian Journal of Cybernetics]. – 2022, – 3(3). – Str.102-112. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-11
46. Hadarceva K. A., Filatova O. E. Novoe ponimanie stacionarnyh rezhimov biologicheskikh sistem. // Uspekhi kibernetiki [Russian Journal of Cybernetics] [Russian Journal of Cybernetics]. – 2022. – 3(3). – Str. 92-101. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-10.
47. Gazya G.V., Gazya N.F., Eskov V.M. Problema vybora invariant v biokibernetike s pozicii statistiki // Uspekhi kibernetiki. – 2022. – 3(4).– Str. 102-109. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-4-12
48. Eskov V.V., Gazya G.V., Konnov P.E. Fundamental'nye problemy biokibernetiki iz-za neustojchivosti vyborok biosistem // Uspekhi kibernetiki. – 2022. – 3(4).– Str. 110-122. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-4-13
49. Filatova O.E., Filatov M.A., Voronyuk T.V., Muzieva M.I. Kvantovomekhanicheskij podhod v elektrofiziologii // Uspekhi kibernetiki. – 2023. – 4(2). – Str. 68-77. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-2-10