

DOI: 10.12737/2306-174X-2025-1-26-34

ХАОТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА КАРДИОИНТЕРВАЛОВ У РАБОТНИКОВ С НАРУШЕНИЕМ БИОРИТМОВ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА РФ

А.Ю. ВАСИЛЬЕВА, Л.С. ИСТОМИНА, В.С. ШЕНИН, А.Р. МЕЛЬНИК

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

Аннотация. В рамках методов теории хаоса-самоорганизации выявлены особенности перестройки биоритмов у группы испытуемых работающих в суточную смену на основе анализа variability сердечного ритма. Регистрация параметров variability сердечного ритма производилась на работниках с низкой интенсивностью труда. Для сравнительного анализа, в рамках ТХС и традиционно стохастического подхода, были рассчитаны значения энтропии Шеннона S_{Sh} , как показателя уровня хаоса в сигнале, площади псевдоаттрактора V_G , для определения уровня variability сердечных сокращений.

Ключевые слова: кардиоинтервал, псевдоаттрактор, фазовый портрет, энтропия.

CHAOTIC DYNAMICS OF CARDIOINTERVALS IN WORKERS WITH BIORHYTHMIC DISORDERS IN THE NORTH OF THE RUSSIAN FEDERATION

A.Yu. VASILYEVA, L.S. ISTOMINA, V.S. SHENIN, A.R. MELNIK

Surgut State University, Lenin Ave., 1, Surgut, Russia, 628400

Abstract. Within the framework of the methods of chaos theory of self-organization, the peculiarities of biorhythm adjustment in a group of subjects working in a daily shift were identified based on the analysis of heart rate variability. Heart rate variability parameters were recorded in workers with low work intensity. For comparative analysis within the framework of the TC and the traditionally stochastic approach, the values of the Shannon entropy S_{Sh} , as an indicator of the level of chaos in the signal, and the area of the pseudo-tractor V_G were calculated to determine the level of heart rate variability.

Key words: cardiointerval, pseudoattractor, phase portrait, entropy.

Введение. Периодические колебания параметров организма на протяжении суток формируют связи со стереотипом чередования покой-активность. Для человека этот стереотип сформировался в процессе эволюции и закреплён в последующей истории человечества. Работа в ночное время неестественна для человеческого организма, а потому отрицательно влияет на функциональные системы организма (ФСО) человека. Необходимость систематического чередования днём, вечером и особенно ночью периодов активности и покоя приводит у них к расстройствам сна и в ряде случаев к прямым нарушениям гомогенеза. Появляются невротические расстройства, могут возникать гастриты и язвенная болезнь желудка, различные нейро-вегетативные нарушения [1-5].

У лиц, работающих в ночную смену, можно выявить различные изменения в состоянии организма и нарушения функций

различных систем. В одних случаях работа протекает на сниженном уровне вегетативных функций, соответствующем этой фазе суточного цикла. В других случаях уровень вегетативных показателей оказывается близок к их уровню днём, и, следовательно, происходит обусловленная работой перестройка суточного ритма.

Перестройка биоритма при работе в ночное время может вызывать снижение работоспособности, нарушение кровообращения, режима сна и бодрствования, а так же ряд других изменений, получивших название десинхроноза. Степень чувствительности к десинхронозу индивидуальна. Есть люди, которые весьма высокочувствительны даже к незначительному рассогласованию биоритмов, но есть и индивиды, хорошо переносящие значительные временные сдвиги.

В этой связи оценка хаотической динамики поведения вектора состояния

сердечно-сосудистой системы (ССС) человека является актуальной задачей, так как может сформировать новое понимание динамики ранних исследований кардиореспираторной системы (КРС) [1-6].

Целью настоящего сообщения является установление особенности хаотической динамики поведения кардиореспираторной системы и определение влияния перестройки биоритмов у работающих в суточную смену на основе анализа вариабельности сердечного ритма.

Объект и методы исследования. Для изучения изменений параметров псевдоаттракторов организма работающих в ночные смены проводился мониторинг сотрудников охраны, работающих в суточную смену (с 8 часов утра до 8 часов утра). Всего было обследовано 24 человека (всего 48 измерений). Информация о состоянии параметров вариабельности сердечного ритма была получена с использованием пульсооксиметра «Элокс-01 М». В устройстве применялся оптический пальцевый датчик, с помощью которого происходила регистрация пульсовой волны с одного из пальцев кисти. Прибор дает возможность непрерывно определять индикацию значений степени насыщения гемоглобина крови кислородом (SpO_2), а так же значений частоты сердечных сокращений (ЧСС).

Прибор снабжен программным продуктом «Eg-3f», который в автоматическом режиме позволяет отображать изменение ряда показателей в режиме реального времени с одновременным построением гистограммы распределения длительности кардиоинтервалов (NN). Выполнена некоторая модификация программы в отношении усреднения показателей симпатической (SIM) и парасимпатической (PAR) вегетативной нервной системы, что обеспечивает представление процессов на фазовой плоскости в виде динамики хаотичных процессов.

В качестве основного параметра использовались значения межимпульсных интервалов сердечных сокращений (NN).

Последовательность NN с помощью преобразования Фурье переводилась в непрерывную функцию $x, y=dx/dt$, строились фазовые траектории поведения NN во времени и определялись параметры псевдоаттрактора, внутри которого наблюдалось движение регистрируемого вектора состояния системы $x=(x, y)^T$. Размеры псевдоаттрактора и координаты его центра x_c были диагностическими признаками в оценке влияния нарушения биоритмов. Для сравнительного анализа, в рамках ТХС и традиционно стохастического подхода, были рассчитаны значения энтропии Шеннона S_{SH} , как показателя уровня хаоса в сигнале, площади псевдоаттрактора (ПА) V_G , для определения уровня вариабельности сердечных сокращений [23-30, 36-38]

Результаты исследований и их обсуждение

Для определения индивидуальных особенностей вариабельности сердечного ритма каждого испытуемого, был построен фазовый портрет траектории поведения NN во времени и определялись параметры псевдоаттрактора, внутри которого наблюдалось движение регистрируемого вектора состояния системы [6-12].

Рассмотрим фазовые портреты, наиболее характерные для группы работников исследуемой группы с низкой интенсивностью труда, работающих в суточную смену. На рисунке 1 представлен фазовый портрет с типичной симпатотической реакцией CCC испытуемого №13 (IB после суточной смены повысился с 21 у.е. до 242 у.е., показатель PAR снизился с 14 у.е. до 0, показатель SIM повысился с 4 у.е. до 22 у.е.). После суточной смены псевдоаттрактор сжимается, а значение энтропии Шеннона возрастает. На фазовом портрете наблюдалось усиление ригидности ритма, что говорит о внутренней мобилизации и большой затрате сил (показатель Total уменьшается после смены с 5746 у.е. до 443 у.е.).

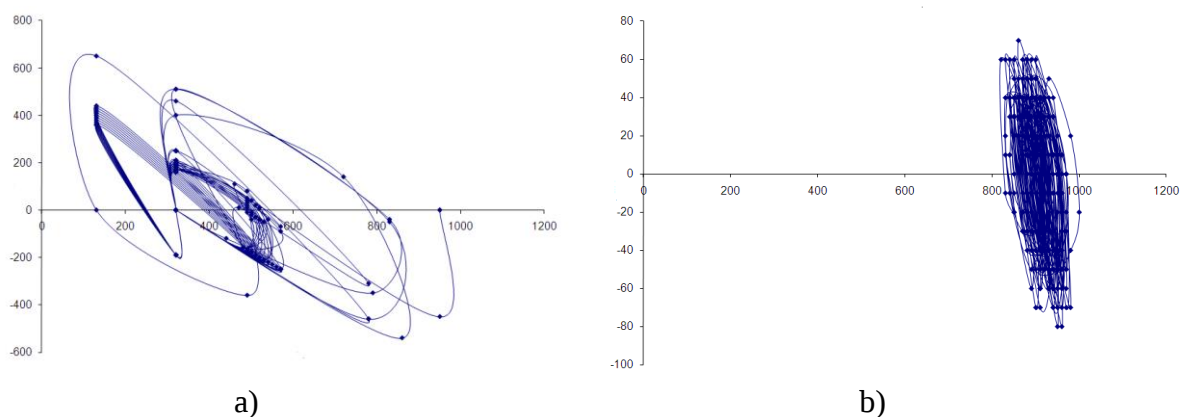


Рис.1. Фазовый портрет сигнала NN на плоскости с координатами $x, y=dx/dt$, для испытуемого №13 с низкой интенсивностью труда (до (а) и после (б) суточной смены)

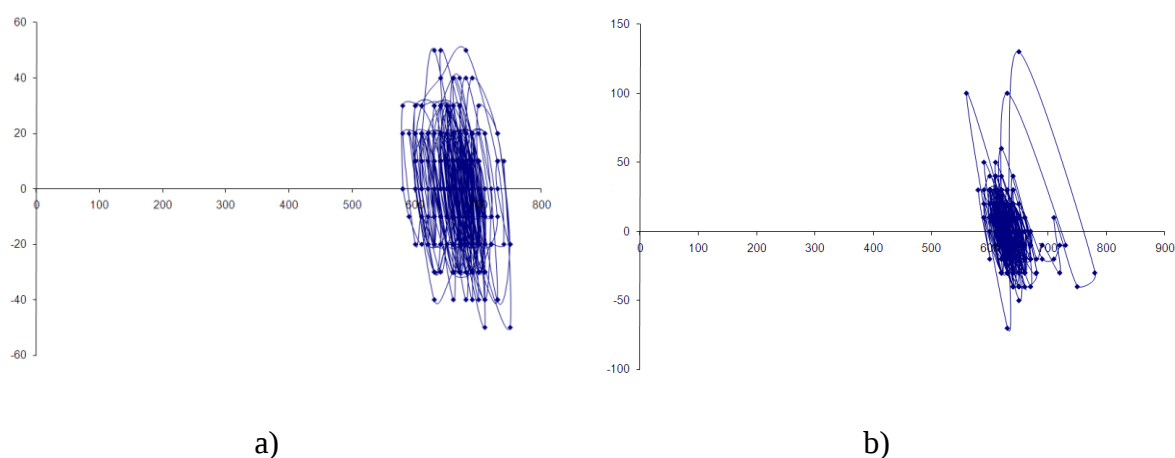


Рис.2. Фазовый портрет сигнала NN на плоскости с координатами $x, y=dx/dt$, для испытуемого №20 с низкой интенсивностью труда (до (а) и после (б) суточной смены)

Для испытуемого № 20 (рис.2) характерна типичная ваготоническая реакция CCC (IB после суточной смены понизился со 122 у.е. до 11 у.е., показатель снизился SIM с 12 у.е. до 2 у.е., показатель PAR повысился с 3 у.е. до 19 у.е.). Для фазового портрета характерно увеличение площади псевдоаттрактора, и уменьшение энтропии Шеннона. Ярко выраженные выбросы на фазовом портрете у данного испытуемого характеризуются большим значением изменения скорости сердечного ритма [1-6].

Далее представлены фазовые портреты для которых характерно увеличение площади ПА при увеличении значения энтропии Шеннона и уменьшении

площади ПА при уменьшении энтропии (рис. 3-4).

На рис. 3 представлен фазовый портрет с симпатотической реакцией CCC испытуемого №8 (IB после суточной смены повысился с 85 у.е. до 234 у.е., показатель PAR снизился с 9 у.е. до 1, показатель SIM повысился с 7 у.е. до 21 у.е.). После суточной смены псевдоаттрактор расширяется, а значение энтропии Шеннона возрастает [13-17].

По сравнению с фазовым портретом испытуемого №13 (рис.1), у которого также наблюдается симпатотический тип регуляции CCC, на фазовом портрете испытуемого №8 наблюдаются множество выбросов после рабочей смены.

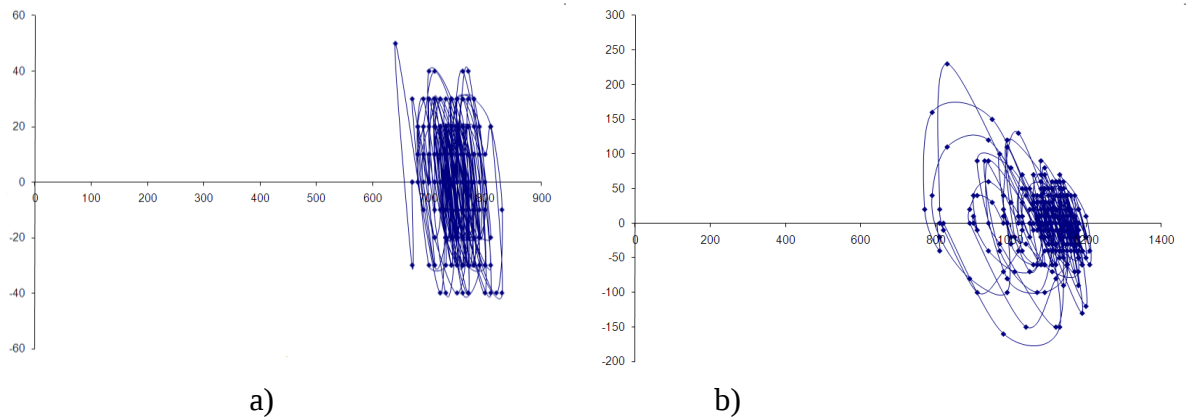


Рис.3. Фазовый портрет сигнала NN на плоскости с координатами $x, y=dx/dt$, для испытуемого №8 с низкой интенсивностью труда (до (а) и после (б) суточной смены)

Для фазового портрета испытуемого №18 характерно уменьшение площади ПА, и уменьшение энтропии Шеннона (рис. 4). Для работника характерна ваготоническая реакция CCC (IB после суточной смены понизился со 122 у.е. до 98 у.е., показатель

снизился SIM с 33 у.е. до 7 у.е., показатель PAR повысился с 0 у.е. до 8 у.е.) [21, 22].

Как и у испытуемого №13 (рис.1), у испытуемого №18 наблюдается усиление ригидности ритма, хотя тип регуляции ВНС различный – у первого симпатотический, а у второго ваготонический.

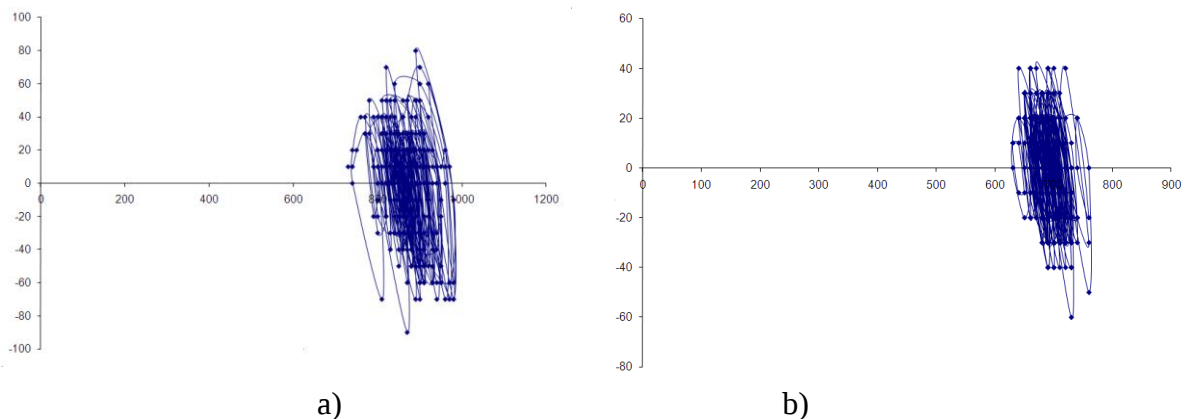


Рис.4. Фазовый портрет сигнала NN на плоскости с координатами $x, y=dx/dt$, для испытуемого №18 с низкой интенсивностью труда (до (а) и после (б) суточной смены)

В целом, в группе в 55% случаев наблюдается расширение псевдоаттракторов, а в 45% сжатие. Причем в 70% из них расширение наблюдается при увеличении показателей SIM и уменьшении PAR, а сжатие при уменьшении показателей SIM и увеличении PAR.

В 67% случаев имела зависимость изменения показателей энтропии Шеннона (S_{sh}) и стандартного отклонения кардиоинтервалов (SDNN). При увеличении показателя S_{sh} уменьшается показатель SDNN, а при уменьшении S_{sh} – SDNN увеличивается. Также наблюдается другая зависимость уменьшения S_{sh} при

уменьшении SDNN и увеличения S_{sh} при увеличении SDNN в оставшихся 33 % случаев. Причем стоит отметить, что в этих случаях (с обратной зависимостью) показатель PAR как до смены, так и после более 10 у.е. [18-20].

Определенная связь между временем суток и колебаниями сердечной деятельностью обычно устанавливаются путем статистической оценки CCC. В данном исследовании произведена попытка разработки нового подхода в рамках ТХС на основе параметров ПА.

Установлено, что для симпатотических реакций после трудовой смены характерно

увеличение энтропии Шеннона, размер псевдоаттрактора при этом либо увеличивался, либо уменьшался. Для ваготонических реакций же энтропия Шеннона уменьшается, а размер псевдоаттрактора также либо увеличивается, либо уменьшается. Возрастание энтропии в биологических динамических системах говорит об уменьшении ее устойчивости, на основании чего можно сделать вывод о том, что ваготонический тип регуляции более устойчив, чем симпатотический [31-35].

Литература

1. Еськов В.М., Живогляд Р.Н, Мишина Е.А. Состояние функциональных систем организма человека в условиях нарушения суточной ритмики / В.М. Еськов, // Вестник новых медицинских технологий. – 2007. – Т.ХIV, № 1. – С. 27-29.
2. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E. Characteristic features of measurements and modeling for biosystems in phase spaces of states // Measurement Techniques (Medical and Biological Measurements). 2011. – v. 53 (12), P. 1404-1410.
3. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Kozlova V.V., Filatov M.A. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems. // Measurement techniques - 2012 - Volume 55, No.9. – P. 1096-1101.
4. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E., Filatov M.A. Two types of systems and three types of paradigms in systems philosophy and system science. // J. Biomedical Science and Engineering, 2012 - V.5, №10 - P. 602-607
5. 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
6. Газя Г. В., Газя Н. Ф., Еськов В.В., Манина Е. А. Непредсказуемость и неопределенность создают реальную Complexity // Успехи кибернетики. – 2024– №5, Т.2–С. 97–102. DOI:10.51790/2712-9942-2024-5-2-11.
7. Коннов П.Е., Еськов В.В. Понимание сложности: новые подходы и научные факты // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2024. – № 1. – С.35-42.
8. Еськов В.М., Розенберг Г.С., Еськов В.В., Кухарева А.Ю. Жизнь как complexity // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2024. – № 2. – С.36-46.
9. Еськов В.М., Шакирова Л.С., Кухарева А. Математические аспекты реальности гипотезы W.Weaver в биомедицине // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – № 1. – С.75-88.
10. 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
11. Кухарева А. Ю., Еськов В. В., Газя Н. Ф. Гипотеза Эверетта и квантовая теория сознания // Успехи кибернетики – 2023 – Т.4, №1 – С.65–71. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-1-09
12. Бетелин В.Б., Галкин В.А., Еськов В.М. Специфика хаоса СТТ-complexity – новое представление хаоса биосистем // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2024. – № 2. – С.85-95.
13. Еськов В.В., Филатова О.Е., Мельникова Е.Г., Кухарева А. Математическая интерпретация квантовой теории сознания // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2022. – № 4. – С.90-101.
14. Гавриленко Т.В., Мельникова Е.Г., Кухарева А., Коннов П.Е. Физико-математическая аргументация для отрицания базовой гипотезы М.Б. Менского // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2023. – № 2. – С.68-79.
15. Галкин В.А., Еськов В.М. Квантовая теория сознания М.Б. Менского и особые свойства биосистем// Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2024. – № 2. – С.47-59.

16. Еськов В. М., Филатов М. А., Воронюк Т. В., Самойленко И. С. Модели эвристической работы мозга и искусственный интеллект // Успехи кибернетики. – 2023. – Т.4, №4. – С.32–40. DOI:10.51790/2712-9942-2023-4-4-03
17. Твердислов В.А., Манина Е.А. Возможны ли причинно-следственные связи в науках о биосистемах? // Вестник новых медицинских технологий. – 2021. – Т. 28. – № 1. – С.64-68.
18. 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>
19. 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.
20. Еськов В.М., Филатов М.А., Гавриленко Т.В., Третьяков С.А. Физико-математическое понятие сложного// Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2024. – № 3. – С.48-56.
21. Еськов В.В., Ивахно Н.В., Гриценко И.А., Мамина К.Е. Новое понятие системного синтеза в биомедицине и экологии человека // Вестник новых медицинских технологий. – 2021. – Т. 28. – № 4. – С. 118-122.
22. Галкин В.А., Филатов М.А., Музиева М.И., Самойленко И.С. Базовые аксиомы биокибернетики и их инварианты // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2022. – № 2. – С. 65-79.
23. Галкин В.А., Еськов В.В., Пятин В.Ф., Кирасирова Л.А., Кульчицкий В.А. Существует ли стохастическая устойчивость выборок в нейронауках? // Новости медико-биологических наук. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 126-132.
24. Бодин О.Н., Галкин В.А., Филатова О.Е., Башкатова Ю.В. Анализ возникновения динамического хаоса в биосистемах // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2021. №4. Публикация 1-8. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-4/1-8.pdf> (дата обращения: 30.08.2021). DOI: 10.24412/2075-4094-2021-4-1-8*
25. Еськов В.В., Пятин В.Ф., Филатова Д.Ю., Башкатова Ю.В. Хаос параметров гомеостаза сердечно-сосудистой системы человека / Самара: Изд-во ООО «Порто-Принт», 2018. – 312 с.
26. 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.
27. Еськов В.М., Галкин В.А., Филатова О.Е. Complexity: хаос гомеостатических систем / Под ред. Г.С. Розенберга. Самара: Изд-во ООО «Порто-принт», 2017. – 388 с.
28. 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.
29. Еськов В.М., Гавриленко Т.В., Галкин В.А., Газя Г.В. Хаотический мозг // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2022. – № 2. – С. 5-11.
30. 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.
31. Пятин В. Ф., Еськов В.В. Может ли быть статичным гомеостаз?// Успехи кибернетики. – Успехи кибернетики. – 2021. – Т. 2, №1. – С. 41-49.
32. 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

33. Eskov V.V., Filatov M.A., Galkin V.A., Filatova O.E. New computational methods for investigation of the third type of systems. // AIP Conference Proceedings – 2021. – 2402, 050017, doi.org/10.1063/5.0073431
34. Еськов В.В. Математическое моделирование гомеостаза и эволюции complexity: монография. Тула: Издательство ТулГУ, 2016. – 307 с.
35. Шакирова Л.С., Еськов В.М., Кухарева А.Ю., Музиева М.И., Филатов М.А. Границы стохастичности в медицинской кибернетике. // Вестник новых медицинских технологий. – 2022. – Т. 29. – № 4. – С.125-128. DOI: 10.24412/1609-2163-2022-4-125-128
36. Еськов В.М., Гавриленко Т.В., Музиева М.И., Самойленко И.А. Теория динамического хаоса не может описывать биосистемы // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2022 – №3. – С.87-95. 87 DOI: 10.12737/2306-174X-2022-60-71
37. Eskov, V.M., Grigorenko, V.V., Gazya, G.V., Gazya, N.F. The Problem of Dynamical Chaos in Heat Performance Parameters // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2023, Vol. 597. – Pp. 895–902. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21438-7_75
38. Filatov, M.A., Kuhareva, A., Gazya, N.F., Voronyuk, T.V., Samoillenکو, I.S. Possibilities of Applying Entropy in Biomechanics // In: Silhavy, R., Silhavy, P. (eds) Artificial Intelligence Algorithm Design for Systems. Lecture Notes in Networks and Systems. CSOC 2024. – Vol. 1120. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-70518-2_13
- states // Measurement Techniques (Medical and Biological Measurements). 2011. – v. 53 (12), P. 1404-1410.
3. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Kozlova V.V., Filatov M.A. Measurement of the dynamic parameters of microchaos in the behavior of living biosystems. // Measurement techniques - 2012 - Volume 55, No.9. – P. 1096-1101.
4. Eskov V.M., Eskov V.V., Filatova O.E., Filatov M.A. Two types of systems and three types of paradigms in systems philosophy and system science. // J. Biomedical Science and Engineering, 2012 - V.5, №10 - P. 602-607
5. 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
6. Gazya G. V., Gazya N. F., Eskov V.V., Manina E. A. Nepredskazuemost' i neopredelennost' sozdayut real'nyuyu Complexity // Uspekhi kibernetiki. – 2024–№5, T.2–S. 97–102. DOI:10.51790/2712-9942-2024-5-2-11.
7. Konnov P.E., Eskov V.V. Ponimanie slozhnosti: novye podhody i nauchnye fakty // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2024. – № 1. – S.35-42.
8. Eskov V.M., Rozenberg G.S., Eskov V.V., Kuhareva A.Yu. Zhizn' kak complexity // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2024. – № 2. – S.36-46.
9. 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.
10. Zimin M.I., Pyatin V.F., Filatov M.A., Shakirova L.S. Chto obshchego mezhdru «Fuzziness» L. A. Zadeh I «Complexity» W. Weaver v kibernetike. // Uspekhi kibernetiki. – 2022, – 3(3). – Str.102-112. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-11
11. Kuhareva A. Yu., Eskov V. V., Gazya N. F. Gipoteza Everetta i kvantovaya teoriya soznaniya // Uspekhi kibernetiki – 2023 – T.4, №1 – С.65–71. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-1-09
12. Betelin V.B., Galkin V.A., Eskov V.M. Specifika haosa STT-complexity – novoe predstavlenie haosa biosistem // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2024. – № 2. – S.85-95.
13. Eskov V.V., Filatova O.E., Mel'nikova E.G., Kuhareva A. Matematicheskaya interpretaciya kvantovoy teorii soznaniya //

References

- Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2022. – № 4. – S.90-101.
14. Gavrilenko T.V., Mel'nikova E.G., Kuhareva A., Konnov P.E. Fiziko-matematicheskaya argumentaciya dlya otricaniya bazovoj gipotezy M.B. Menskogo // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2023. – № 2. – S.68-79.
 15. Galkin V.A., Eskov V.M. Kvantovaya teoriya soznaniya M.B. Menskogo i osobyje svoystva biosistem// Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2024. – № 2. – S.47-59.
 16. Eskov V. M., Filatov M. A., Voronyuk T. V., Samojlenko I. S. Modeli evristicheskoy raboty mozga i iskusstvennyj intellekt // Uspekhi kibernetiki. – 2023.– T.4, №4.– S.32–40. DOI:10.51790/2712-9942-2023-4-4-03
 17. Tverdislov V.A, Manina E.A. Vozmozhny li prichinno-sledstvennyye svyazi v naukah o biosistemah? // Vestnik novykh medicinskih tekhnologij. – 2021. – T. 28. – № 1. – S.64-68.
 18. 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>
 19. Zaslavskij B.G., Filatov M.A., Eskov V.V., Manina E.A. Problema nestacionarnosti v fizike i biofizike. // Uspekhi kibernetiki. – 2020.– T. 1, №2. – S. 61–67.
 20. Eskov V.M., Filatov M.A., Gavrilenko T.V., Tret'yakov S.A. Fiziko-matematicheskoe ponyatie slozhnogo// Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2024. – № 3. – S.48-56.
 21. Eskov V.V., Ivahno N.V., Gricenko I.A., Mamina K.E. Novoe ponyatie sistemnogo sinteza v biomedicine i ekologii cheloveka // Vestnik novykh medicinskih tekhnologij. – 2021. – T. 28. – № 4.– S. 118-122.
 22. Galkin V.A., Filatov M.A., Muzieva M.I., Samojlenko I.S. Bazovye aksiomy biokibernetiki i ih invarianty // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2022. – № 2. – S. 65-79.
 23. Galkin V.A., Eskov V.V., Pyatin V.F., Kirasirova L.A., Kul'chickij V.A. Sushchestvuet li stohasticheskaya ustojchivost' vyborok v nejronaukah? // Novosti mediko-biologicheskikh nauk. – 2020. – T. 20, № 3. – S. 126-132.
 24. Bodin O.N., Galkin V.A., Filatova O.E., Bashkatova Yu.V. Analiz vozniknoveniya dinamicheskogo haosa v biosistemah // Vestnik novykh medicinskih tekhnologij. Elektronnnoe izdanie. 2021. №4. Publikaciya 1-8. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-4/1-8.pdf> (data obrashcheniya: 30.08.2021). DOI: 10.24412/2075-4094-2021-4-1-8*
 25. Eskov V.V., Pyatin V.F., Filatova D.Yu. Bashkatova Yu.V. Haos parametrov gomeostaza serdechno-sosudistoj sistemy cheloveka / Samara: Izd-vo OOO «Porto-Print», 2018. – 312 s.
 26. 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.
 27. Eskov V.M., Galkin V.A., Filatova O.E. Complexity: haos gomeostaticeskikh sistem / Pod red. G.S. Rozenberga. Samara: Izd-vo OOO «Porto-print», 2017. – 388 s.
 28. 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.
 29. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Galkin V.A., Gazya G.V. Haoticheskij mozg // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2022. – № 2. – S. 5-11.
 30. 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.
 31. Pyatin V. F., Eskov V.V. Mozhet li byt' statichnym gomeostaz?// Uspekhi kibernetiki. – Uspekhi kibernetiki. – 2021.– T. 2, №1. – S. 41-49.
 32. 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
 33. Eskov V.V., Filatov M.A., Galkin V.A., Filatova O.E. New computational methods for investigation of the third type of systems. // AIP Conference Proceedings – 2021.– 2402, 050017, doi.org/10.1063/5.0073431
 34. Eskov V.V. Matematicheskoe modelirovanie gomeostaza i evolyucii complexity: monografiya. Tula: Izdatel'stvo TulGU, 2016. – 307 s.
 35. Shakirova L.S., Eskov V.M., Kuhareva A.Yu., Muzieva M.I., Filatov M.A. Granicy stohastiki v medicinskoj kibernetike. // Vestnik novykh medicinskih tekhnologij. –

2022. – Т. 29. – № 4. – С.125-128. DOI: 10.24412/1609-2163-2022-4-125-128
36. Eskov V.M., Gavrilenko T.V., Muzieva M.I., Samojlenko I.A. Teoriya dinamicheskogo haosa ne mozhet opisyvat' biosistemy // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2022 – №3. – С.87-95. 87 DOI: 10.12737/2306-174X-2022-60-71
37. Eskov, V.M., Grigorenko, V.V., Gazya, G.V., Gazya, N.F. The Problem of Dynamical Chaos in Heat Performance Parameters // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2023, Vol. 597. – Pp. 895–902. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21438-7_75
38. Filatov, M.A., Kuhareva, A., Gazya, N.F., Voronyuk, T.V., Samoillenko, I.S. Possibilities of Applying Entropy in Biomechanics // In: Silhavy, R., Silhavy, P. (eds) Artificial Intelligence Algorithm Design for Systems. Lecture Notes in Networks and Systems. CSOC 2024. – Vol. 1120. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-70518-2_13