

DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-10

НОВОЕ ПОНИМАНИЕ СТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**К. А. Хадартцева¹, О. Е. Филатова**¹ Тульский государственный университет, г. Тула, Российская Федерация
medins@tsu.tula.ru

Аннотация: в рамках существующей теории динамических систем стационарные режимы любой динамической системы описываются уравнением $dx/dt=0$, для вектора состояния этой системы $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в m -мерном фазовом пространстве состояний. С позиций стохастики для неизменности системы достаточно сохранения статистической функции распределения $f(x)$ или ее характеристик (статистического математического ожидания $\langle x \rangle$, статистической дисперсии Dx^* , спектральной плотности сигнала, автокорреляции и т.д.) в рамках определенных (статистических) допущений. Однако в живой природе любые параметры $x_i(t)$ всего вектора состояния $x(t)$ биосистемы демонстрируют непрерывное, хаотическое движение в фазовом пространстве состояний. При этом отсутствует статистическая устойчивость выборок $x_i(t)$, что получило название эффекта Еськова–Зинченко. В этом случае вводится понятие псевдоаттрактора, некоторый аналог принципа неопределенности Гейзенберга, и дается определение двух типов неопределенностей (1-го и 2-го). В итоге мы приходим к инверсии понятий: то, что в физике (и биомедицине) сейчас считается стационарным режимом, является кинематикой (движением $x(t)$ в фазовом пространстве состояний), а движение биосистем является (для них) стационарным режимом.

Ключевые слова: стандарт, стационарный режим, эффект Еськова–Зинченко.

Для цитирования: Хадартцева К. А., Филатова О. Е. Новое понимание стационарных режимов биологических систем. *Успехи кибернетики*. 2022;3(3):92–101. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-10.

NEW UNDERSTANDING OF STEADY STATES IN BIOLOGICAL SYSTEMS**К. А. Khadartseva¹, О. Е. Filatova**¹ Tula State University, Tula, Russian Federation
medins@tsu.tula.ru

Abstract: within the existing theory of dynamic systems, steady states of any dynamic system are described as $dx/dt=0$, for the state vector of the system $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ in the m -dimensional state phase space. From the stochastic point of view, the preservation of the statistical distribution function $f(x)$ or its properties (statistical mathematical expectation $\langle x \rangle$, statistical variance Dx^* , the spectral density of the signal, autocorrelation, etc.) within certain (statistical) assumptions is sufficient for the system to remain unchanged. However, in the living nature any parameters $x_i(t)$ of the entire state vector $x(t)$ of the biosystem show continuous, chaotic motion in the state phase space. There are no statistical stability in $x_i(t)$ samples, which is called the Eskov-Zinchenko effect. We introduce the concept of a pseudoattractor similar to the Heisenberg uncertainty principle and define two types of uncertainties: 1st and 2nd. As a result, we inverse the concepts: what in physics (and biomedicine) is now considered to be a steady state is kinematics (the motion of $x(t)$ in the state phase space), and the motion of biosystems is (for them) a steady state.

Keywords: standard, steady state, Eskov–Zinchenko effect.

Cite this article: Khadartseva K. A., Filatova O. E. New Understanding of Steady States in Biological Systems. *Russian Journal of Cybernetics*. 2022;3(3):92–101. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-10.

Введение

Традиционно к динамическим системам относят объекты, которые можно описывать с помощью различных уравнений (например, дифференциальных, разностных, интегральных, интегродифференциальных и других). В этом случае обычно используют некоторые переменные, например, компоненты $x_i(t)$ вектора состояния такой системы $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в m -мерном фазовом пространстве состояний (ФПС). В физике довольно часто аргументом в таких уравнениях выступает время t , а функцией является, например, $x(t)$ [1–5].

В итоге мы для таких систем и процессов, в которых эти системы участвуют, можем задать некоторую фазовую траекторию $x(t)$ в таком m -мерном фазовом пространстве состояний (ФПС) и анализировать ее поведение. Это составляет, например, основу качественной теории дифференциальных уравнений и т.д. Для таких систем и для их вектора $x(t)$ мы можем определить стационарный режим моделируемой биосистемы как $dx/dt=0$, т.е. любая $x_i(t)=const$ [6–11].

В стохастике имеются другие подходы при определении равновесия (неизменности) биосистемы, но там тоже требуется сохранение неизменности (постоянства) некоторых характеристик статистической функции распределения $x(t)$ и выборок переменных $x_i(t)$ в рамках детерминистской или стохастической науки (ДСН).

Какую теорию и какие методы мы тогда должны использовать, если окажется, что для любой биосистемы ее вектор состояния демонстрирует (непрерывно) $dx/dt \neq 0$ и статистические характеристики полученных выборок (якобы для биосистемы в неизменном физическом и физиологическом состоянии) демонстрируют непрерывные и хаотические изменения? Можно ли вообще применять методы ДСН в описании таких особых биосистем?

Оказалось, что именно такими свойствами обладают все параметры организма человека [12–18]. Это получило название эффекта Еськова–Зинченко (ЭЕЗ) в виде уникальности выборок параметров $x_i(t)$ организма человека (при повторных регистрациях у одного и того же испытуемого или при регистрации параметров отдельной группы испытуемых (тоже при повторениях)). Эти системы (по предложению W. Weaver [19]) были названы системами третьего типа — СТТ. Их описание и моделирование потребовало выхода за пределы современной науки (ДСН) [20–26], как это и предполагал Weaver более 70-ти лет назад. Однако вся современная наука продолжает изучать СТТ только в рамках ДСН [27–35].

Традиционная интерпретация стационарных режимов биосистем

Сразу отметим, что последние 100–150 лет во всех науках о живых системах (биологии, биофизике, медицине, психологии и т.д.) господствует центральная догма естествознания: параметры организма (человека, животного, растения) можно описывать в рамках стохастики. При этом существует определенное требование к стандартам, т.е. к описанию некоторых, якобы устойчивых, состояний организма живого объекта. Для упрощения в дальнейшем мы будем представлять и изучать только организм человека, т.к. такой подход максимально затрагивает биомедицину и психологию с позиции медицинской и биологической кибернетики. При этом аналогичные результаты мы получали и на животных [36–42].

Итак, современная физика, биофизика и биомедицина твердо уверены, что методы статистики (в общем случае будем говорить о стохастике) вполне адекватно представляют неизменность организма (например, его гомеостаз), стационарные — неизменные состояния функциональных систем организма (ФСО), работу нейронных сетей мозга (НСМ) и мозг в целом. Подчеркнем, что в биомедицине работают с выборками $x(t)$ и для них рассчитывают статистическую функцию распределения $f(x)$, ее характеристики (статистическое математическое ожидание $\langle x \rangle$, статистическую дисперсию D_x^* , спектральную плотность сигнала (СПС), автокорреляцию $A(t)$ и т.д.).

В рамках стохастики требуют, чтобы при повторной регистрации выборки $x_i(t)$ ее $f(x)$, $\langle x \rangle$, D_x^* , СПС, $A(t)$ не изменялись (в рамках законов стохастики). Если в момент времени t мы получили выборку $\{x_i^1(t)\}$, а в следующий момент t_2 имеем выборку $\{x_i^2(t)\}$ и их статистические характеристики совпадают, то в биомедицине считают, что с биосистемой ничего существенного не произошло. В этом случае можно говорить о неизменности биосистемы, а с позиции физики — о стационарном режиме [6–11].

При этом никто уже давно в биомедицине не требует точного совпадения даже этих числовых характеристик (для выборки $\{x_i^1(t)\}$ и $\{x_i^2(t)\}$). Давно уже все понимают, что детерминистский подход и детерминистские модели имеют разовый характер. На любых интервалах времени Δt , и Δt_2 мы не можем получить точное (по всем точкам выборок) совпадение значений $x(t)$ или их распределения. Однако в стохастике выработали особые оценки совпадения выборок (статистическая проверка гипотез, например). В итоге все эти 100–150 лет биомедицина живет в твердой уверенности в том, что у биосистем (у гомеостаза, ФСО, НСМ) существуют стационарные режимы (в виде неизменности выборок $x(t)$), если биосистема находится в неизменном физиологическом (и физическом!) состоянии. Просто это постулируется, принимается на веру, но этому строгих доказательств никто в биомедицине

за последние 150 лет не представил. На этом основана и современная биокибернетика [27–35].

В 1947 году выдающийся российский биомеханик Н.А. Бернштейн [43] высказал сомнения в справедливости этой догмы биомедицины. В биомеханике он сформулировал гипотезу о «повторении без повторения» в организации любого движения человека [43]. Эту гипотезу Бернштейн пытался обосновать доказательством наличия не менее пяти систем регуляции движений (системы *A, B, C, D, E*) и возможным хаотическим вмешательством любой этой системы в организацию любого вида движений. Подчеркнем, что за эти 74 года никакого опровержения этому нет (но нет и доказательств!).

Н.А. Бернштейн верил, что любая эта система (из пяти) может в любой момент времени включаться в «построение данного движения», а сила (и роль) этого вмешательства тоже может быть произвольной (хаотичной). В итоге он выдвигает гипотезу о «повторении без повторения». Подчеркнем, что никакого количественного доказательства он не представил тогда. Более того, после опубликования статьи (в 1957 году) с критикой теории И.П. Павлова физиологи России постарались замолчать об этой гипотезе, а мировая физиология просто все это игнорировала последние 70 лет.

В итоге более 70-ти лет гипотеза Н.А. Бернштейна о хаосе в биомеханике была забыта, ее просто игнорировали. Еще более трагическая судьба была у W. Weaver, когда он вывел все биомедицинские системы за пределы ДСН. Он начал говорить о биосистемах как о системах третьего типа — СТТ (*complexity*), которые не могут быть объектом всей ДСН [19].

Представления W. Weaver об СТТ — живых системах

В 1948 году W. Weaver (вместе с С. Shannon он был основоположником теории современной информации) представил всему мировому научному сообществу общую классификацию систем живой и неживой природы. W. Weaver говорил, что более 300 лет наука активно изучает детерминистские системы (системы 1-го типа — СПТ). Действительно, например, теория динамических систем (ТДС) активно создавалась в XVII, XVIII и XIX веках.

Она продолжает развиваться и в XX, и XXI веках. В ее основе лежит постулат о причинно-следственных связях. В детерминизме задание начального состояния $x(t_0)$ всего вектора состояния системы $x=x(t)=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ в m -мерном фазовом пространстве состояний (ФПС) и уравнения, описывающие динамику $x(t)$ в ФПС, полностью определяют конечное состояние $x(t_k)$ и траекторию движений $x(t)$ в ФПС. Детерминистская теория хорошо описывает СПТ, и это действительно достижение человечества, которое продолжает развиваться. Напомним, что в ТДС Пуанкаре представил задачу о трех телах, которая поставила проблему хаоса в ДСН.

Для СПТ строго выполняется принцип детерминизма: прошлое и настоящее определяют будущее состояние системы. Это было основой учений Ньютона и Лейбница. Более того, некоторые положения детерминизма плавно перешли и в стохастическую. Например, в стохастике считается, что начальное состояние $x(t_0)$ любой системы мы можем повторить многократно. Это элемент детерминизма, и это объединяет стохастическую и детерминистскую (прошлое определяет будущее).

Справедливости ради мы должны сказать, что для стохастических систем (систем 2-го типа — СВТ) W. Weaver вводит уже понятие *complexity*. Он определяет СВТ как *disorganized complexity*. В чем это *complexity* проявляется, W. Weaver в своей фундаментальной работе явно не говорит. Однако это следует из определения любого стохастического процесса. Если мы имеем дело с непрерывной случайной величиной (НСВ), а параметры $x_i(t)$ функции организма всегда будут НСВ, то повторить (точно) конечное состояние $x(t_k)$ уже невозможно для СВТ [6–11].

Мы не можем второй раз попасть в точку $x(t_k)$ в ФПС, которая была зарегистрирована для первого процесса с исследуемой системой. Поэтому в стохастике мы работаем с выборками (облаком точек в ФПС). Очевидно, что одна выборка (облако точек в ФПС), которая была получена на интервале Δt_1 , не может точно (по ранее полученным точкам $x(t_k)$) совпасть со второй выборкой $x(t_k)$, которые были получены на интервале Δt_2 . Поточечное совпадение двух выборок неизменной системы уже невозможно. В детерминизме это все легко повторить. Тогда появляется первая *complexity* для СВТ.

Сейчас анализ таких двух выборок (двух облаков в ФПС) производится в рамках теории вероятности и статистики. Здесь не требуется точного совпадения точек, а нужно, чтобы совпадали статистические характеристики ($\langle x \rangle$, D_x^*), их СПС и $A(t)$. Это уже правила сравнения выборок (а не отдельных точек) по законам стохастической. Однако $x(t_0)$ мы должны повторять многократно и точно (иначе опыты не будут совпадать, они будут различны). Здесь детерминизм и стохастика едины.

Для СВТ W. Weaver вводит понятие *complexity* именно из-за того, что: невозможно точно повторить (одно) конечное состояние системы $x(t_k)$; невозможно и все точки выборки повторить (это тем более невозможно); вводятся новые правила оценки коллективного поведения системы на данном интервале времени Δt . Напомним, что в детерминизме все совпадает по точкам в момент времени t , но в стохастике мы уже работаем с выборками, которые по точкам не совпадают.

Подчеркнем, что понятие «коллективное поведение» не имеет строгой интерпретации, т.к. выборку мы можем получить после N испытаний с одним объектом или при измерении (по одному разу!) N якобы одинаковых, разных объектов (испытуемых). Подчеркнем, что слово «одинаковый» (или тождественный) в современной статистике строго не определено. Используют понятие «однородной» группы испытуемых. Однако критериев (точных) оценки такой однородности пока в стохастике нет. Очевидно, что если группа испытуемых неоднородна, то стохастика не может описывать такую группу.

Это выглядит очень странно, т.к. математика требует строгих определений, и тогда непонятно по каким критериям формируется группа якобы «однородных» испытуемых? Вообще критерии формирования группы (однородной?) в биологии, медицине, психологии, экологии и других науках о живых системах пока выглядят очень странно. Обычно ограничиваются приблизительно одинаковым возрастом, полом, отсутствием заболеваний и другими (нечеткими) критериями.

Очевидно, что все это является чисто биологическими критериями и не имеет никакого отношения к получаемым выборкам и их точной математической оценке. Это вступает в противоречие с существующей математикой, и возникает острая необходимость в точном описании «однородности» самих выборок, а не биологической оценки исследуемых групп. Это касается и выборок одного человека, где сам испытуемый не изменяется, но получаемые выборки могут быть неоднородными. В этом случае отсутствует статистическое совпадение выборок для одного и того же испытуемого (или для одной группы) [27–35, 42–49]. Подчеркнем, что корректное определение однородности требует повторных измерений и сравнений самих выборок. Для биокибернетики это имеет принципиальное значение.

Существуют ли точные критерии оценки однородности выборок в математике?

Следует сразу отметить, что в статистике существуют строгие критерии оценки любых выборок. Они основаны на оценке отнесения полученной выборки параметра $x_i(t)$ к одной генеральной совокупности. При этом выборки по отдельным точкам будут совершенно не совпадать, и тогда мы уходим от строгого детерминизма. В детерминизме прошлое определяет будущее и точка $x(t_k)$ всегда для СПТ многократно повторима. Для СВТ мы говорим о повторимости выборки (по определенным правилам). При этом нужно проверять выборки на предмет их принадлежности к одной генеральной совокупности. Отметим, что ни Weaver, ни Н.А. Бернштейн [43] это не проверили в режиме повторных регистраций выборок $x_i(t)$. Нет точных оценок и в определении гомеостаза [44–50].

Очевидно, что уже появляется *complexity* и *uncertainty*, т.к. мы не можем многократно повторить $x(t_k)$ точно для СВТ. Одна точка $x(t_k)$ уже не может задать выборку, даже если это будет математическое ожидание M_x (т.е. $M_x = \langle x \rangle$ для данной выборки). В итоге, следуя логике W. Weaver, мы должны работать с выборками и сравнивать две выборки $x(t_k)$ для интервалов Δt_1 и Δt_2 . При изучении СВТ мы должны рассматривать систему не в отдельных точках, а на некоторых интервалах измерения $x(t)$. Это означает изменение идеологии измерений СВТ, т.к. от точки (для t_1) мы переходим к интервалам Δt_1 .

Строго говоря, переход от отдельных точек $x(t_k)$, которые регистрируются в данный момент времени t , к регистрации облака точек на интервалах Δt_1 и Δt_2 нам еще не гарантирует доказательства неизменности системы. Как только мы переходим к интервалам Δt , возникает проблема: что было (или будет) с системой до интервала Δt_1 и после Δt_1 . Остается ли исследуемая система неизменной (стационарный режим) на любых других интервалах времени, которые не входят в данное измерение? Никто в биомедицине пока не измеряет непрерывно параметры биосистем. Эта проблема игнорируется [12–35]. Никто сейчас даже не пытался проверить статистическую устойчивость выборок на разных интервалах Δt .

Никто за эти (более 300 лет) не задавался таким вопросом в отношении биосистем (СТТ). Более того, за эти более чем 300 лет никто не спрашивал в биомедицинской науке: а остаются ли статистически неизменными выборки, которые регистрируются у одной и той же биосистемы в ее якобы неизменном физическом и физиологическом состоянии?

Подчеркнем, что ответы на эти вопросы имеют фундаментальное значение, т.к. если СТТ непрерывно и хаотически изменяются, то любая выборка параметра организма $x_i(t)$ является уникальной. Это означает, что вся биология, медицина, психология, экология и другие науки о живых системах имеют исторический характер. Они изучают артефакты, т.е. процессы, которые когда-то происходили с этими биосистемами. Тогда великий физик (Резерфорд) был прав, называя эти науки «кашеварением». Строго говоря, все науки о живых системах это *Fuzziness* [50–58].

Более того, это означает, что знание о прошлом СТТ не дает никакой информации о будущем состоянии биосистемы. Распад причинно-следственных связей с позиции ДСН говорит о принципиальной непознаваемости СТТ. В этом и заключается главная *complexity* для СТТ, о которой говорил W. Weaver 73 года назад [49–57]. Однако никто не понял эти идеи W. Weaver.

Следуя логике W. Weaver в его классификации трех типов систем во всей природе, мы сейчас должны логически закончить его рассуждения. Иными словами, мы должны сказать: как одна точка не может описать СВТ (нужно работать с выборкой — облаком точек в ФПС), так и одна выборка не может описать СТТ. В этом главная *complexity* для всех живых систем. Одновременно появляется и общая *uncertainty* для СТТ [55–61]. Будущее СТТ невозможно прогнозировать.

Любая выборка $x_i(t)$ для СТТ будет уникальной, ее невозможно (произвольно!) дважды повторить. Фактически это означает, что СТТ (живые системы) не имеют стационарных режимов (СР). Их вектор состояния $x(t)$ находится в непрерывном и хаотическом движении в ФПС. Тогда ДСН не может изучать и описывать любые живые системы. Это и есть *complexity* и глобальная *uncertainty* [49–61]. Однако неустойчивость выборок за последние 100-150 лет никто не изучал (в режиме многих повторений).

Об этом прямо писал W. Weaver в 1948 году: «These new problems, moreover, cannot be handled with the statistical techniques so effective in describing behavior in problems of disorganized complexity. These new problems, and the future of the world depends on many of them, requires science to make a third great advance an advance that must be even greater than the nineteenth~century conquest of problems of simplicity or the twentieth~century victory over problems of disorganized complexity. Science must, over the next 50 years, learn to deal with these problems of organized complexity» [19, с. 5–6].

Для изучения СТТ нужны другие инварианты и другая наука. ЭЭЗ доказывает невозможность дальнейшего применения ДСН, т.к. выборки неоднородны и хаотически изменяются. Возникает закономерный вопрос: существуют ли какие-либо методы и модели, которые бы показывали неизменность (и однородность) выборок $x(t)$? Можно ли выявить СР для СТТ? Очевидно, что в рамках ДСН это выполнить невозможно, т.к. имеем потерю причинно-следственных связей (прошлое не влияет на будущее) и ДСН уже не работает [12–35]. Об этом постоянно говорили нобелевские лауреаты [62–66], но они не проверили гипотезу W. Weaver об СТТ.

W. Weaver в своей работе прямо противопоставил СТТ всей науке еще в самом названии статьи «Science and Complexity», выделяя (противопоставляя) *complexity* современной ДСН. Он поясняет, почему это так. Ответ очевиден: ДСН не может описывать СТТ. Появляются глобальные *uncertainty* и *complexity* во всей науке об СТТ. Это означает, что вся биологическая и медицинская кибернетика работает с уникальными системами и СТТ не может быть объектом ДСН. Очень близко к этому подошел Г.Р. Иваницкий [67–70], но гипотезу W. Weaver никто так и не проверил [71–79].

Обсуждение

Понятие стационарного режима для любой биосистемы ассоциируется с понятиями *норма* или *стандарт*. Существует ли в биомедицине норма для параметров гомеостаза, функциональных систем организма — ФСО (в классификации П.К. Анохина)? Есть ли вообще стационарные режимы для биосистем и как их можно измерять?

Интересно, что академик Ю.В. Наточин (один из ведущих специалистов по теории гомеостаза) в фундаментальной работе «Гомеостаз» наглядно продемонстрировал реальную эволюцию понятия стандарта (нормы) в медицине. Первоначально он говорит о норме (гомеостаза) как о некоторой точке: «... механизм выбора данного значения, установки точки стандарта, не ясен, более того он может сдвигаться. . . » [44, с. 5].

Признавая неустойчивость стандарта, Наточин предлагает использовать статистику и находить стандарт по выборке [44]. Он демонстрирует переход от детерминизма (где точно все определяется) к стохастике (работаем с выборкой). Однако в конце своих рассуждений Наточин предлагает учитывать

вариационные размахи параметров гомеостаза. Фактически академик продемонстрировал все виды системного подхода, классификацию которых в 1948 году впервые представил W. Weaver (детерминизм — стохастика — наука об СТТ). Наука об СТТ сейчас нами разрабатывается в виде теории хаоса-самоорганизации (ТХС). Согласно теореме К. Gödel эта ТХС имеет новые понятия, законы и модели [45–56, 71–79].

В рамках ТХС мы вводим понятие псевдоаттрактора (ПА), который и учитывает вариационные размахи. В рамках ТХС доказано, что внутри ПА вектор состояния системы $x(t)$ совершает непрерывные и хаотические движения. Внутри ПА мы наблюдаем хаотический калейдоскоп изменения выборок $x(t)$, их статистических функций распределения $f(x)$, их $\langle x \rangle$, D_x^* , СПС, $A(t)$ и т.д. В целом, Ю.В. Наточин невольно повторил рассуждения W. Weaver и подошел к ТХС в оценке гомеостаза. При этом ТХС стационарные режимы определяет как неустойчивость параметров ПА в ФПС. Вектор $x(t)$ при этом хаотически движется внутри ПА [49–61]. Это лежит в основе новой науки — теории хаоса-самоорганизации (ТХС).

Следует подчеркнуть, что четыре нобелевских лауреата (I.R. Prigogine, M. Gell-Man, R. Penrose и В.И. Гинзбург) были уверены в возможностях стохастики при описании СТТ [62–66]. За последние 20 лет только Г.Р. Иваницкий [67–70] высказывал сомнение в стохастической устойчивости выборок. Однако никто не предлагал новый аппарат для реального описания СТТ — *complexity* [49–61, 71–79].

Заключение

Детальное изучение выборок любых параметров функций организма человека показало, что у биосистем (СТТ — *complexity* по W. Weaver) отсутствуют стационарные режимы. Это означает ЭЕЗ, где доказано отсутствие статистической устойчивости выборок $x(t)$ для СТТ. ЭЕЗ доказывает и потерю причинно-следственных связей для биосистем. Новая наука (ТХС) основана на том, что прошлое не определяет будущее для СТТ.

Одновременно мы приходим к отрицанию стандартов (нормы) в медицине в рамках детерминизма (как точки в ФПС) и в рамках стохастики (путем анализа выборок $x(t)$). Любая выборка $x(t)$ для СТТ будет уникальной, ее $f(x)$, $\langle x \rangle$, D_x^* , СПС, $A(t)$ и т.д. имеют исторический характер. В ДСН нет стандарта (СР) из-за ЭЕЗ.

Переход к ТХС приводит к расчету ПА, которые могут дать инварианты в виде площади S для ПА и координат центра ПА. Однако в ТХС вводится иное понимание СР и стандарта. Стандарт (норма) задается параметрами ПА, которые, действительно, сохраняются. Нами доказано, что и величина k — число пар, показывающих статистическое совпадение выборок $x(t)$, тоже может быть стандартом в ТХС. Однако это уже другая тема для исследования. Она требует нескольких сотен повторных регистраций выборок у каждого испытуемого (и для всей группы также).

ЛИТЕРАТУРА

1. Betelin V. B., Eskov V. M., Galkin V. A., Gavrilenko T. V. Stochastic Volatility in the Dynamics of Complex Homeostatic Systems. *Doklady Mathematics*. 2017;95(1):92–94. DOI: 10.1134/S1064562417010240.
2. Eskov V. M., Eskov V. V., Gavrilenko T. V., Vochmina J. V. Biosystem Kinematics as Evolution: Stationary Modes and Movement Speed of Complex Systems: Complexity. *Moscow University Physics Bulletin*. 2015;70(2):140–152. DOI: 10.3103/S0027134915020046.
3. 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;71(2):143–154. DOI: 10.3103/S0027134916020053.
4. Eskov V. M., Eskov V. V., Vochmina Y. V., Gorbunov D. V., Ilyashenko L. K. Shannon Entropy in the Research on Stationary Regimes and the Evolution of Complexity. *Moscow University Physics Bulletin*. 2017;72(3):309–317. DOI: 10.3103/S0027134917030067.
5. Eskov V. V., Filatova D. Y., Ilyashenko L. K., Vochmina Y. V. Classification of Uncertainties in Modeling of Complex Biological Systems. *Moscow University Physics Bulletin*. 2019;74(1):57–63. DOI: 10.3103/S0027134919010089.
6. Еськов В. М., Галкин В. А., Еськов В. В., Филатов М. А. Физические и живые системы различаются существенно. *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2020;4:52–59. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-57-64.

7. Галкин В. А., Попов Ю. М., Григоренко В. В., Архипкина М. В. Новые подходы в математическом моделировании биосистем. *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2020;4:60–69. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-65-73.
8. Хадарцев А. А., Гавриленко Т. В., Горбунов Д. В., Веденеев В. В. Математические Аспекты Статьи W. Weaver “Science and Complexity”. *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2020;4:70–79. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-74-84.
9. Филатов М. А., Еськов В. М., Козлова В. В., Филатова Д. Ю., Мельникова Е. Г. Доказательство гипотезы W. Weaver в электрофизиологии. *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2021;1:5–12. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-5-8.
10. Еськов В. В. Математическая трактовка стационарных состояний в биомеханике. *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2021;1:69–82. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-60-69.
11. Козлова В. В., Филатов М. А., Еськов В. В., Шакирова Л. С. Новые подходы в измерении биосистем с позиций “Complexity” W. Weaver и “Fuzziness” L.A. Zadeh. *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2021;1:83–93. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-70-78.
12. Eskov V. M., Bashkatova Y. V., Beloshchenko D. V., Ilyashenko L. K. Cardiointervals Parameters of Human Body in Response to Hypothermia. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2018;10:39–45.
13. Shakirova L. S., Filatova D. Yu., Ilyashenko L. K., Bashkatova Yu. V. Integrally-Temporal and Spectral Parameters of Cardiovascular System of Pre-Adolescent Population of Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Ugra under the Conditions of Latitudinal Displacements. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2018;11:32–36.
14. Eskov V. M., Bazhenova A. E., Ilyashenko L. K., Grigorieva S. V. Effect of Cold on Involuntary Movements in Men with Different Levels of Physical Fitness in the Russian North. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019;6:39–44.
15. Filatova O. E., Berestin D. K., Ilyashenko L. K., Bashkatova Yu. V. The Influence of Hypothermia on the Parameters of the Electromyogram at Low Muscle Tone State. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019;5:43–48.
16. Filatov M. A., Ilyashenko L. K., Makeeva S. V. Psychophysiological Parameters of Students before and after Translatitude Travels. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019;4:18–24.
17. Eskov V. V., Filatova O. E., Bashkatova Y. V., Filatova D. Y., Ilyashenko L. K. Age-Related Changes in Heart Rate Variability among Residents of the Russian North. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019;2:21–26.
18. Filatov M. A., Ilyashenko L. K., Kolosova A. I., Makeeva S. V. Stochastic and Chaotic Analysis of Students’ Attention Parameters of Different Ecological Zones. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019;7:11–16.
19. Weaver W. Science and Complexity. *American Scientist*. 1948;36:536–544.
20. Bashkatova Yu. V., Filatov M. A., Shakirova L. S. State of Athletes’ Cardiovascular System under Physical Load in the Russian North. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2020;6:41–45.
21. Khadartseva K. A., Filatov M. A., Melnikova E. G. The Problem of Homogenous Sampling of Cardiovascular System Parameters among Migrants in the Russian North. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2020;7:27–31.
22. Eskov V. V., Popov Yu. M., Filatova D. Yu., Simanovskaya O. E. Chaos of Involuntary Movements under Conditions of Local Cooling. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019;12:26–31.
23. Eskov V. M., Gudkov A. B., Filatov M. A., Eskov V. V. Principles of Homeostatic Regulation of Functions in Human Ecology. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019;10:41–49.
24. Filatova D. Yu., Bashkatova Yu. V., Melnikova E. G., Shakirova L. S. Homogeneity of the Parameters of the Cardiointervals in School Children after North-South Travel. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2020;1:6–10.
25. Filatova O. E., Bashkatova Y. V., Filatova D. Y., Ilyashenko L. K. Human Organism in the Conditions of Homeostatic Dynamics of Meteorological Parameters of the Russian North. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019;9:24–30.
26. Filatova O. E., Gudkov A. B., Eskov V. V., Chempalova L. S. The Concept of Uniformity of a Group in Human Ecology. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2020;2:40–44.
27. Попов Ю. М., Сазонова Н. В., Полухин В. В., Ивахно Н. В., Мельникова Е. Г. Статистическая

- неустойчивость параметров симпатической вегетативной нервной системы аборигенов Севера РФ. *Вестник новых медицинских технологий*. 2019;26(4):141–145. DOI: 10.24411/1609-2163-2019-16557.
28. Филатова О. Е., Еськов В. В., Григорьева С. В., Хакимова В. В., Гумарова О. А. Биомеханика и биофизика сложных систем с позиций квантовой механики. *Вестник новых медицинских технологий*. 2019;26(4):146–151. DOI: 10.24411/1609-2163-2019-16564.
 29. Филатова О. Е., Мельникова Е. Г., Афаневич К. А., Головачева Е. А., Фадюшина С. И. Сравнительная характеристика нейровегетативного статуса аборигенов — жителей Югры. *Вестник новых медицинских технологий*. 2020;27(1):125–129. DOI: 10.24411/1609-2163-2020-16614.
 30. Зилов В. Г., Киричук В. Ф., Фудин Н. А. Экспериментальное обоснование иерархической организации хаоса в нервно-мышечной физиологии. *Вестник новых медицинских технологий*. 2019;26(1):133–136. DOI: 10.24411/1609-2163-2019-16375.
 31. Зинченко Ю. П., Еськов В. М., Филатов М. А., Григорьева С. В. Стохастика и хаос в организации движений. *Вестник новых медицинских технологий*. 2019;26(2):101–106. DOI: 10.24411/1609-2163-2019-16376.
 32. Попов Ю. М., Сазонова Н. В., Полухин В. В., Ивахно Н. В., Мельникова Е. Г. Статистическая неустойчивость параметров симпатической вегетативной нервной системы аборигенов Севера РФ. *Вестник новых медицинских технологий*. 2019;26(4):141–145. DOI: 10.24411/1609-2163-2019-16557.
 33. Заславский Б. Г., Филатов М. А., Еськов В. В., Манина Е. А. Проблема нестационарности в физике и биофизике. *Успехи кибернетики*. 2020;1(2):61–67.
 34. 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;20(3):126–132.
 35. Еськов В. В. *Математическое моделирование гомеостаза и эволюции complexity*. Тула: Издательство ТулГУ; 2016. 307 с.
 36. Еськов В. В., Пятин В. Ф., Филатова Д. Ю., Башкатова Ю. В. *Хаос параметров гомеостаза сердечно-сосудистой системы человека*. Самара: ООО «Порто-Принт»; 2018. 312 с.
 37. Еськов В. В., Пятин В. Ф., Шакирова Л. С., Мельникова Е. Г. *Роль хаоса в регуляции физиологических функций организма*. Самара: ООО «Порто-принт»; 2020. 248 с.
 38. Еськов В. В., Башкатова Ю. В., Шакирова Л. С., Веденева Т. С., Мордвинцева А. Ю. Проблема стандартов в медицине и физиологии. *Архив клинической медицины*. 2020;29(3):211–216.
 39. Еськов В. М., Галкин В. А., Филатова О. Е. *Конец определенности: хаос гомеостатических систем*. Тула: Тульское производственное полиграфическое объединение; 2017. 596 с.
 40. Еськов В. М., Галкин В. А., Филатова О. Е. *Complexity: хаос гомеостатических систем*. Самара: ООО «Порто-принт»; 2017. 388 с.
 41. Еськов В. М., Галкин В. А., Пятин В. Ф., Филатов М. А. *Организация движений: стохастика или хаос?* Самара: ООО «Порто-принт»; 2020. 144 с.
 42. Еськов В. М., Пятин В. Ф., Башкатова Ю. В. Медицинская и биологическая кибернетика: перспективы развития. *Успехи кибернетики*. 2020;1(1):58–67.
 43. Бернштейн Н. А. *О построении движений*. М.: Медгиз; 1947. 254 с.
 44. Наточин Ю. В. Гомеостаз. *Успехи физиологических наук*. 2017;48(4):3–15.
 45. Еськов В. В., Галкин В. А., Филатова О. Е., Шакирова Л. С., Хвостов Д. Ю. Моделирование эвристической деятельности мозга человека. *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2021;1:13–24. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-9-17.
 46. Еськов В. М., Колосова А. И., Фадюшина С. И., Мордвинцева А. Ю. Хаотическая динамика ритмики сердца. *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2021;1:25–34. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-18-28.
 47. Галкин В. А., Еськов В. В., Попов Ю. М., Веденев В. В., Салимова Ю. В. Социофилософские аспекты предложения W. Weaver о системах трёх типов. *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2021;1:35–47. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-29-36.
 48. Еськов В. М. Реформы образования России: сознательная деструкция или слабоумие? *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2021;1:48–58. DOI: 10.12737/2306-174X-2021-37-51.
 49. Козлова В. В., Галкин В. А., Филатов М. А., Еськов В. М. Моделирование нейросетей мозга с позиций гипотезы W. Weaver. *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2021;1:59–68. DOI: 10.12737/2306-

- 174X-2021-52-59.
50. Grigorenko V. V., Eskov V. M., Nazina N. B., Egorov A. A. Information-Analytical System of Cardiographic Information Functional Diagnostics. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020;1515:052027. DOI:10.1088/1742-6596/1515/5/052027.
 51. Grigorenko V. V., Bashkatova Yu. V., Shakirova L. S., Egorov A. A., Nazina N. B. New Information Technologies in the Estimation of Stationary Modes of the Third Type Systems. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020;862:052034. DOI:10.1088/1757-899X/862/5/052034.
 52. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. V., Ilyashenko L. K., Kitanina K. Yu. Examination of Statistical Instability of Electroencephalograms. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2019;168(7):5–9. DOI: 10.1007/s10517-019-04633-7.
 53. Zilov V. G., Khadartsev A. A., Eskov V. M., Ilyashenko L. K. New Effect in Physiology of Human Nervous Muscle System. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2019;167(4):419–423. DOI:10.1007/s10517-019-04540-x.
 54. 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;54(7):832–837. DOI: 10.1007/S11018-011-9812-Y.
 55. Eskov V. M., Papshev V. A., Eskov V. V., Zharkov D. A. Measuring Biomechanical Parameters of Human Extremity Tremor. *Measurement Techniques*. 2003;46(1):93–99. DOI: 10.1023/A:1023482026679.
 56. Eskov V. M. Models of Hierarchical Respiratory Neuron Networks. *Neurocomputing*. 1996;11(2–4):203–226. DOI: 10.1016/0925–2312(95)00048-8.
 57. Es'kov V. M., Filatova O. E., Ivashenko V. P. Computer Identification of Compartmental Neuron Circuits. *Measurement Techniques*. 1994;37(8):967–971. DOI: 10.1007/BF00977157.
 58. Eskov V. M. Automatic Identification of Differential-Equations Simulating the Behavior of Neuron Circuits. *Measurement Techniques*. 1994;37(3):359–364. DOI: 10.1007/BF02614280.
 59. Menskii M. B. Dissipation and Decoherence In Quantum Systems. *Physics–Uspekhi*. 2003;46(11):1163. DOI: 10.3367/UFNr.0173.200311d.1199.
 60. Menskii M. B. Quantum Measurements, the Phenomenon of Life, and Time Arrow: Three Great Problems of Physics (in Ginzburg's Terminology) and Their Interrelation. *Physics–Uspekhi*. 2007;50(4):397. DOI: 10.3367/UFNr.0177.200704j.0415.
 61. Menskii M. B. Concept of Consciousness in the Context of Quantum Mechanics. *Physics–Uspekhi*. 2005;48(4):389. DOI: 10.3367/UFNr.0175.200504c.0413.
 62. Prigogine I. R. The philosophy of Instability. *Futures*. 1989;21(4):396–400.
 63. Prigogine I. R. *The End of Certainty: Time, Chaos, and the New Laws of Nature*. Free Press; 1996.
 64. Gell-Mann M. Fundamental Sources of Unpredictability. *Complexity*. 1997;3(1):13–19.
 65. Penrose R. Newton, Quantum Theory and Reality. In: Hawking S.W., Israel W. *300 Years of Gravity*. Cambridge University Press: Cambridge; 1987.
 66. 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;42:353–373. DOI: 10.1070/PU1999v042n04ABEH000562.
 67. Ivanitskii G. R. 21st Century: What is Life From the Perspective of Physics? *Physics–Uspekhi*. 2010;53(4):327–356. DOI: 10.3367/UFNr.0180.201004a.0337.
 68. Ivanitskii G. R. Self-Organizing Dynamic Stability of Far-From-Equilibrium Biological Systems. *Physics–Uspekhi*. 2017;60:705–730. DOI: 10.3367/UFNe.2016.08.037871.
 69. Ivanitskii G. R. The Robot and the Human. Where's their similarity limit? *Physics–Uspekhi*. 2018;61(9):871–895. DOI: 10.3367/UFNe.2018.03.038302.
 70. Ivanitskii G. R. X-men: Humans with an Unusual Interaction between Receptor Systems Who Construct a World of New Images within Themselves (on the 140th Anniversary of the Birth of Academician P. P. Lazarev). *Physics–Uspekhi*. 2019;62(7):711–734. DOI: 10.3367/UFNe.2019.01.038524.
 71. Еськов В. М., Хадарцев А. А., Филатова О. Е., Хадарцева К. А. Околосуточные ритмы показателей кардиореспираторной системы и биологического возраста человека. *Терапевт*. 2012;8:036–043.
 72. 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. *Journal of Biomedical Science and Engineering*. 2012;5(10):602–607.

73. Еськов В. В., Вохмина Ю. В., Гавриленко Т. В., Зимин М. И. Модели хаоса в физике и теории хаоса-самоорганизации. *Сложность. Разум. Постнеклассика*. 2013;2:42–56.
74. Еськов В. М., Филатова О. Е., Фудин Н. А., Хадарцев А. А. Новые методы изучения интервалов устойчивости биологических динамических систем в рамках компартментно-кластерного подхода. *Вестник новых медицинских технологий*. 2004;11(3):5–6.
75. Еськов В. М., Зилов В. Г., Хадарцев А. А. Новые подходы в теоретической биологии и медицине на базе теории хаоса и синергетики. *Системный анализ и управление в биомедицинских системах*. 2006;5(3):617–622.
76. Еськов В. М., Филатова О. Е., Полухин В. В. Проблема выбора абстракций при применении биофизики в медицине. *Вестник новых медицинских технологий*. 2017;24(1):158–167.
77. 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;1(3):41–49. DOI: 10.51790/2712-9942-2020-1-3-5.
78. Галкин В. А., Гореликов А. В., Бычин И. В., Дубовик А. О., Ряховский А. В. Тестирование алгоритмов вычислительной магнитной гидродинамики на задаче с точным решением. *Успехи кибернетики*. 2020;1(4):29–37. DOI: 10.51790/2712-9942-2020-1-4-4.
79. Пятин В. Ф., Еськов В. В., Филатова О. Е., Башкатова Ю. В. Новые представления о гомеостазе и эволюции гомеостаза. *Архив клинической и экспериментальной медицины*. 2019;28(1):21–27.