

НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 519.21

САМООРГАНИЗАЦИЯ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ И ГРАНИЦА ЕЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ВОСПРИЯТИЯ

ДУБРОВ Ю. И.^{1*}, *д. т. н., проф.*,
ТКАЧЕНКО А. Н.^{2*}, *к. т. н., доц.*

^{1*}Кафедра материаловедения и обработки материалов, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-39-56, e-mail: mom@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-3213-4893

^{2*}Кафедра высшей математики, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-20-07, e-mail: tkachenko@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0002-3212-6118

Аннотация. Соглашения. Мы достаточно часто пользуемся термином «сложная система» (СС); попытаемся подробней разъяснить, что мы под этим термином понимаем. Для этого мы не будем приводить существующее множество трактовок этого термина, а попытаемся дать его определение, способствующее более наглядной интерпретации. **Общая постановка задачи.** Требуется, используя приведенные выше соглашения и предположения, дать определение критерию качества функционирования самоорганизующейся системы и привести его формальное описание. **Некоторые подклассы СС.** Для выявления качественных особенностей рассматриваемых моделей были проведены их численные исследования. В новом состоянии равновесия мы имеем абсолютно новую эволюционирующую систему, которая вновь при изменении параметра нагружения начинает процесс своего развития. **Факты, подтверждающие наличие границ информационного восприятия (ГИВ) у самоорганизующихся систем.** Приведенный анализ показывает, что у любой системы, способной воспринимать информацию, есть своя ГИВ. Этот факт достаточно хорошо согласуется с данными, которые доказывают возможности самоорганизации на основе существующих принципов физики и биологии. Задача качественного исследования эволюционирующей системы может быть сведена к определению ее ГИВ, зависящей от определяющих параметров – количества и качества поступающей в систему информации и скорости роста ее организованности. Такое исследование состоит в том, чтобы описать все возможные бифуркации, построить множество значений бифуркационных параметров на области с различным типом фазовых портретов и указать для каждой области соответствующий ей фазовый портрет с областью определения ГИВ. Опираясь на авторитет великого И. П. Павлова, подытожим это его словами: «... *Вся жизнь от простейших до сложнейших организмов, включая, конечно, и человека, есть длинный ряд все усложняющихся до высочайшей степени уравновешиваний внешней среды*». Слова эти, думается, точно характеризуют перспективы применения предлагаемого тут анализа ВНС (вычислительно неприводимой системы).

Ключевые слова: сложная система, самоорганизация, эволюция, границы информационного восприятия, информация

САМООРГАНИЗАЦІЯ СКЛАДНОЇ СИСТЕМИ ТА МЕЖА ЇЇ ІНФОРМАЦІЙНОГО СПРИЙНЯТТЯ

ДУБРОВ Ю. І.^{1*}, *д. т. н., проф.*,
ТКАЧЕНКО О. М.^{2*}, *к. т. н., доц.*

^{1*}Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-39-56, e-mail: mom@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-3213-4893

^{2*}Кафедра вищої математики, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-20-07, e-mail: tkachenko@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0002-3212-6118

Анотація. Угоди. Ми досить часто користуємося терміном «складна система» (СС), спробуємо детальніше роз'яснити, що ми під цим терміном розуміємо. Ми не будемо наводити безліч існуючих трактувань цього терміна, а спробуємо дати його визначення, яке сприяє більш наочній інтерпретації. **Загальна постановка завдання.** Потрібно, використовуючи наведені вище угоди і припущення, дати визначення критерію якості функціонування системи, що самоорганізується, і навести його формальний опис. **Деякі підкласи СС.** Для виявлення якісних особливостей розглянутих моделей проведено їх числові дослідження. У новому стані

рівноваги ми маємо абсолютно нову систему, яка еволюціонує та знову у разі зміни параметра навантаження починає процес свого розвитку. **Факти, що підтверджують наявність межі інформаційного сприйняття (МІС) у систем, що самоорганізуються.** Наведений аналіз показує, що у будь-якої системи, здатної сприймати інформацію, є своя МІС. Цей факт досить добре узгоджується з даними, які доводять можливості самоорганізації на основі існуючих принципів фізики та біології. Завдання якісного дослідження системи, що еволюціонує, може бути зведене до визначення її МІС, залежно від визначальних параметрів – кількості та якості інформації, що надходить у систему, і швидкості росту її організованості. Таке дослідження полягає в тому, щоб описати всі можливі біфуркації, побудувати безліч значень біфуркаційних параметрів на області з різним типом фазових портретів і вказати для кожної області відповідний їй фазовий портрет з областю визначення МІС. Спираючись на авторитет великого І. П. Павлова, підсумуємо це його словами: «... Усе життя від найпростіших до найскладніших організмів, включаючи, звичайно, і людину, є довгий ряд урівноважень зовнішнього середовища, що ускладнюються до найвищого ступеня». Слова ці, думається, точно характеризують перспективи застосування запропонованого тут аналізу ОНС (обчислювально незвідної системи).

Ключові слова: складна система, самоорганізація, еволюція, межі інформаційного сприйняття, інформація

COMPLEX SYSTEM SELF-ORGANIZATION AND BOUNDARY OF ITS PERCEPTION

DUBROV Ju. I.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
TKACHENKO A. N.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*

^{1*}Department of Materials Science, State Higher Education Establishment «Pridneprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-39-56, e-mail: mom@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-3213-4893

^{2*} Department of Mathematics, State Higher Education Establishment «Pridneprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-20-07, e-mail: tkachenko@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0002-3212-6118

Summary. Stipulations. The term “complex system” (CS) is rather frequently utilized, therefore, we will take an effort to give a detailed explanation of what is understood by this term. In order to do that, we will not cite a variety of interpretations existing for this term, instead, we are intended to give a notion to this term that would provide for a more visual interpretation. **Basic problem statement.** Using the abovementioned Stipulation and Hypotheses it is necessary to determine a quality criterion of a self-organizing system functioning as well as to give its formal description. **Certain SC subclasses.** In order to detect qualitative peculiarities of the considered model the following numerical investigations were conducted. In a new equilibrium state we obtain an absolutely new evolvable system that again, with the change of a load parameter, initiates the process of its development similar. **Facts confirming presence of information perception boundary (IPB) with self-organizing systems.** Given analysis shows that any system, capable of perceiving information, possesses its own IPB. This fact comes well enough to an agreement with data that prove the possibilities of self-organization on the basis of the existing principles of physics and biology. According to the abovementioned it can be concluded that the task of a qualitative survey of evolvable system may lie in determination of its IPB, depending on determining parameters, such as quantity and quality of information coming into the system as well as speed rate of its organization. Such survey is aimed at the description of all possible bifurcations, plotting of a range of bifurcation set at a range with various type of phase portraits and to indicate a phase portrait corresponding to every range with IPB domain. Using the words of great I.P. Pavlov “all types of life, from the simplest to the most complex organisms, including human, is a long line of ever complicating to the highest degree equilibriums of the external environment”. It appears that these words can best characterize the perspective applications of the CS analysis presented herein.

Keywords: sensitivity, multifractal structure, mechanical properties, dimension, boundary of information perception, information

1. Соглашения. Мы достаточно часто пользуемся термином «сложная система». Попытаемся подробнее разъяснить, что мы под этим термином понимаем. Для этого не будем приводить существующее множество трактовок этого термина, а попытаемся дать его определение, способствующее более наглядной интерпретации. В самом начале своего фундаментального труда [1] Г. Хакен

отмечает, что при наивном подходе такую систему можно представить состоящей из большого числа частей, элементов или компонентов, которые могут быть как одного, так и различного рода. Однако, как это отмечает дальше тот же Г. Хакен, системы могут быть сложными не только потому, что они состоят из большого числа частей, а еще и потому, что их отличает

сложное поведение. Естественно предположить, что поведение СС пропорционально ее неопределенности, которая присуща в основном антропоморфным ВНС.

Соглашение 1. *Под СС мы будем понимать многоцелевую, многоаспектную и диалектически противоречивую систему с относительно большим числом переменных, сильно взаимосвязанных между собой, часть из которых может изменяться случайным или непредсказуемым образом. Это система, относительно элементов которой можно утверждать, что они принимают решения, направленные на достижение цели общей для всей СС или, по меньшей мере, не противоречащие ей.*

Таким образом, в нашем представлении, СС – это прежде всего самоорганизующаяся ВНС, которой присущи антропоморфные черты. В этом смысле наша формулировка ближе к точке зрения Г. Паска [2], который называет самоорганизующимися те кибернетические системы, об элементах которых можно утверждать, что они принимают решения.

Самоорганизация – это, прежде всего, эволюция, которая, согласно Дарвину, определяется тремя факторами – изменчивостью, наследственностью и отбором. С точки зрения математики, эволюционный процесс – это совокупность соотношений, выражающих правила отбора и возможных его продолжений из данного состояния, т. е. это правила отбора последующих состояний. Множественность траекторий возможного развития определяет появление в ВНС новых качественных особенностей, оценить которые можно только с позиций анализа их организованности.

Предположение 1. *Поскольку любая СС функционирует в некоторой среде, постольку при ее исследовании следует рассматривать части диалектически противоположные (система-среда) [3].*

Предположение 2. *Наличие цели у СС, которая еще не достигнута, означает ее неустойчивость, а ее достижение есть*

переход из менее устойчивого в более устойчивое состояние.

Такой переход возможен при рецепции информации, которая реализует момент цели.

Предположение 3. *Рецепция информации СС возможна при наличии у нее определенного объема памяти.*

Предположение 3 справедливо, поскольку рецепция информации и ее запоминание неразличимы.

Говоря о памяти, мы имеем в виду запечатленное в структурно-функциональных особенностях СС и в ее специфическом аппарате отражение динамики ее взаимодействия со средой по ходу развития.

Предположение 4. *Отражение в памяти СС динамики взаимодействия со средой может быть неполным или искаженным.* Предположение 4 выдвигается, т. к. предполагаются заранее неизвестными как объем памяти СС, так и механизмы ее функционирования.

Предположение 5. *Закон, по которому происходит изменение организованности СС по мере заполнения ее памяти информацией, может быть следствием не только конструктивных ее особенностей или объема, но и следствием особенностей самой информации [4].*

Например, полезная информация, аддитивно смешиваясь с ложной или ошибочной информацией, заполняет некоторый объем памяти СС, вследствие чего экстраполяция тенденций ее развития с использованием памяти может быть неадекватной.

Предположение 6. Для ряда СС искусственное увеличение объема запоминаемой ими информации (например, увеличение объема памяти СС) уменьшает вероятность ошибки при выборе этой системой реакции на новое сообщение.

Предположение 7. Существует некоторый предельный объем запоминаемой СС информации, превышение которого приводит к потерям как времени, затрачиваемого на выбор из памяти реакции на новое сообщение, так и к потерям в виде

неадекватных действий СС, которые являются следствием старения части ранее полезной информации, записанной в памяти этой СС. В силу этого, по мере заполнения памяти СС информацией может наступить момент, когда она будет функционировать с нарастающей дезорганизацией [3; 5; 6].

2. Общая постановка задачи (см., например, [7]). Требуется, используя приведенные выше соглашения и предположения, дать определение критерию качества функционирования самоорганизующейся системы и привести его формальное описание.

Для этого ниже рассматриваются СС, для каждой из которых предполагается:

1. Существование системы в общем случае случайных функций отклика

$$\{Z_i(x_1, \dots, x_n), i = 1, \dots, s\}, \quad (1)$$

определенных в некоторой области F , n -мерного факторного пространства.

2. Существование функции

$$L(Z_1, \dots, Z_s), \quad (2)$$

отражающей организованность СС и обладающей следующими свойствами:

а) сложная функция

$$L(Z_1(x_1, \dots, x_n), \dots, Z_s(x_1, \dots, x_n)), \quad (3)$$

называемая в дальнейшем *критерием качества функционирования*, определена в той же области F факторного пространства, что и функции (1);

б) если L, Z_i и $\bar{L}, \bar{Z}_i, i = 1, \dots, s$ – функции (1) и (2) двух СС рассматриваемого класса, то из выполнимости в любой фиксированной точке $(x_1^{(0)}, \dots, x_n^{(0)})$ области F соотношения

$$M(L(Z_i(x_1^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}), \dots, Z_s(x_1^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}))) > M(\bar{L}(\bar{Z}_i(x_1^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}), \dots, \bar{Z}_s(x_1^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}))),$$

где M – математическое ожидание, следует, что СС с функциями L, Z_i функционирует в точке $x_1^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}$ более качественно, чем СС с функциями \bar{L}, \bar{Z}_i .

3. Первоначально какая бы то ни была информация о функциях (1) может отсутствовать. Особая роль принадлежит

функции (2), по которой формируется *критерий качества функционирования СС*.

Таким образом, общая постановка задачи может быть формализована следующим образом:

Т р е б у е т с я :

Найти квазиоптимальное приближение функций отклика (1)

$$Z_i^*(x_1, \dots, x_n), i = 1, \dots, s,$$

на основании которого, используя функции (2) и (3), можно будет производить оценку качества функционирования СС в точках области F .

Ввиду большого разнообразия СС, охватываемых общей постановкой задачи, конкретизация такого понятия как «квазиоптимальность» существенно затруднена. В дальнейшем исследуется ряд подклассов СС, для каждого из которых это понятие уточняется ввиду учета специфики СС каждого класса. При этом конкретизируются также функции (1) и (2).

3. Некоторые подклассы СС. Из предположения 7 следует, что изменение организованности эволюционирующей системы как функции количества запоминаемой ею информации может происходить так, как показано на графиках рисунка 1. На этих графиках количество информации g и время t представлены в условных единицах, а организованность L – в безразмерных. Закономерность, которая отображена представленными на рисунке 1 поверхностями, может быть описана какой-либо эмпирической формулой, например такой как (4):

$$L(t, g) = \left\{ 1 - \left[\frac{1-g}{2} (a_1(1 - \text{sign}(1-g)) + a_2(1 - \text{sign}(1-g))) \right]^2 \right\}^{0.5},$$

где $a_1 = a_1(t, g)$ и $a_2 = a_2(t, g)$ – коэффициенты, являющиеся функциями объемов информации, которую принимает самоорганизующаяся система с учетом как полезной – g_1 , так и помехосодержащей информации – g_2 .

Обозначим через g^* предельное количество информации, после достижения которого СС действует непродуктивно.

Значение g^* переменной g будем называть **границей информационного восприятия (ГИВ)** в момент времени t , если в точке g^* функция $L(t, g)$ достигает максимума. Таким образом, значение g^* является ГИВ в момент времени t , если имеет место соотношение:

$$L(t, g^*) \geq L(t, g); g \in [g_{\min}, g_{\max}],$$

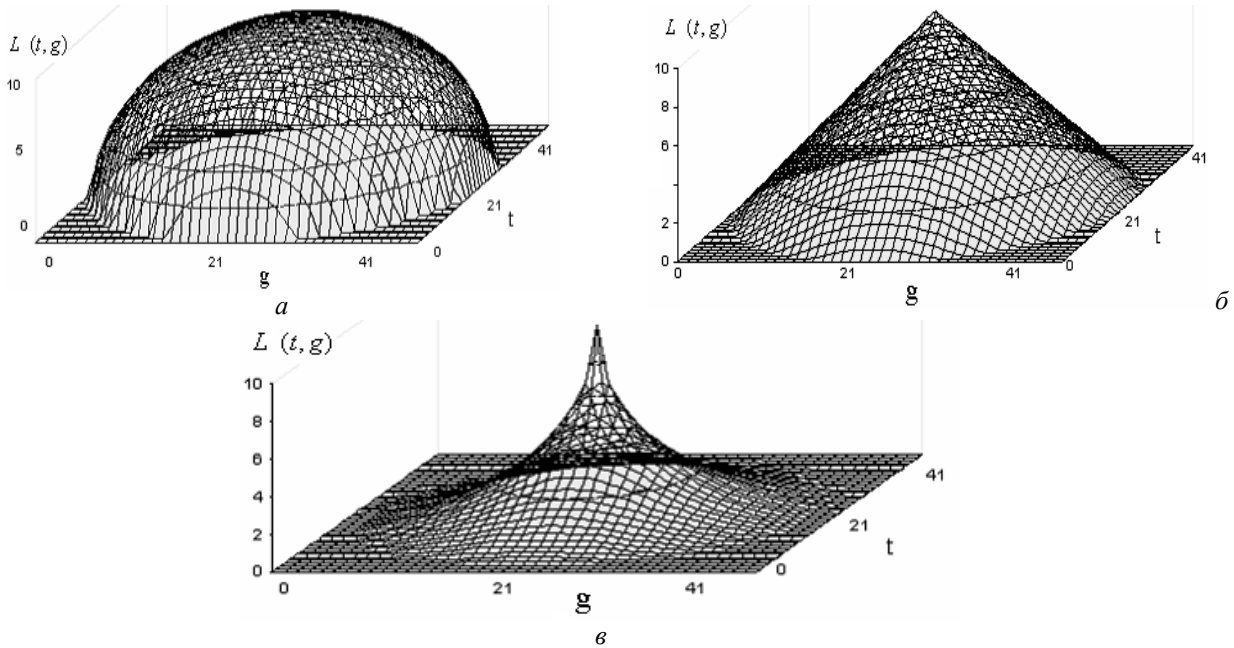


Рис. 1. Возможный характер изменения самоорганизованности системы

Приведенные на рисунке 1 поверхности симметричные, поскольку построены для условия равенства отношений объемов полезной и помехосодержащей информации. В зависимости от вида функций a_1 и a_2 вид поверхности, представленной на этих рисунках, может изменяться.

Следует отметить, что для анализа СС наибольший интерес представляет не только функция организованности $L(t, g)$, но и функция ее накопления $\sum L(t, g)$, поскольку именно в этой характеристике отражается процесс ее развития или эволюция:

$$\sum L(t, g) = \int_{g_{\min}}^g L(t, g) dg.$$

то есть для всех точек g , в которых функция $L(t, g)$ определена. В формуле (4) $a_1 = a_1(t, g)$ и $a_2 = a_2(t, g)$ – коэффициенты, являющиеся функциями объемов информации, которую принимает самоорганизующаяся система с учетом как полезной – g_1 так и помехосодержащей информации – g_2 .

Очевидно, что если точка g^* является ГИВ в момент времени t , то для функции $L(t, g)$ она является точкой перегиба.

Как показали численные исследования, графики функций $\sum L^+(t, g)$, при фиксированных t и изменяющихся с постоянным шагом значениях g , представляют собой семейства так называемых кумулятивных S -образных кривых (рис. 2), где по линии перегиба AC проходит ГИВ.

Эти семейства кривых были получены путем интегрирования функций, представляющих поверхности на рисунке 3.

Приведем различные варианты выбора кумулятивных функций.

1. Для класса технических эволюционирующих систем, в которых

только память является основой их «интеллектуальной» мобильности, может быть предложен следующий вид кумулятивной функции [8, 9]:

$$\Sigma L(t, g) = 1 - e^{-\gamma g t}, t > 1, \gamma > 0, \text{ для}$$

которой $g^* = \left[\frac{t-1}{\gamma t} \right]$.

2. Для класса эволюционирующих систем, действия которых связаны с мышлением, памятью, мотивацией, эта функция может быть представлена уравнением вида:

$$\Sigma L(g, t) = e^{-\gamma \varphi(g)^t}, \gamma > 0,$$

где равенство нулю второй производной равносильно условию:

$$-\gamma t \varphi(g)^t (\varphi'(g))^2 + (t-1)(\varphi'(g))^2 + \varphi(g) \varphi''(g) = 0.$$

При этом эмпирическая функция накопления организованности достаточно хорошо приближается к реальной, если

$$\varphi = \sqrt{1 + a^2(1-g)^2}, \text{ где } a = const.$$

Подставляя данное выражение во вторую производную, получаем в неявном виде выражение для ГИВ:

$$a^4 \gamma t (1-g^*)^2 (1-a^2(1-g^*)^2)^{0.5} + \frac{a^2 + a^4(t-2)(1-g^*)^2}{1-a^2(1-g^*)^2} = 0.$$

3. Рассмотрим возможный подход, направленный на описание развивающейся системы. Для этого предполагаем, что эволюционирующая система может находиться в одном из состояний $i = 1, 2, \dots$ и пусть $P_i(t)$ – вероятность того, что в момент времени t , находясь в i -м состоянии, она достигает некоторую цель.

Также предполагаем, что плотность распределения σ зависит от количества поступившей в эту систему информации g , которую самоорганизующаяся система может трансформировать в оценку «расстояния» до цели при численных значениях некоторых переменных, характеризующих ее состояние.

Пусть функции $P_i, i = 1, 2, \dots$, удовлетворяют системе дифференциальных уравнений:

$$\frac{dP}{dt} = o(g)(P_{i-1} - P_i) \text{ при } P_0 = e^{-o(g)t}.$$

При начальных условиях $P_0(0) = 1, P_i(0) = 0, i = 1, 2, \dots$ решение системы дифференциальных уравнений задает распределение Пуассона. Следовательно, вероятность того, что в момент времени t эволюционирующая система достигнет преследуемую ею цель, определится как:

$$P(t) = \sum_{i=1}^{\infty} P_i(t) = 1 - e^{-o(g)t} = L^+(t, g).$$

Таким образом, ГИВ определяется как точка, в которой функция $o(g)$ достигает максимума.

Для выявления качественных особенностей рассматриваемых моделей были проведены их численные исследования.

С целью обеспечения численных исследований была выполнена нормировка аргумента g . Для этого принималось, что $g_{\min} = 0, g_{\max} = 2$. После чего, без потери общности, вместо аргумента g рассматривался аргумент:

$$\frac{2(g_{\min} - g_{\max})}{g_{\min} - g_{\max}}.$$

Результаты численных исследований данной модели представлены на рисунке 3, где показан график зависимости накопления организованности СС от параметров t, g . На графике (рис. 2) показано восемь кривых, соответствующих определенным моментам жизни СС. Там, где скорость изменения организованности убывает, проходя через нуль, организованность имеет максимум. Именно эта координата параметра нагружения и определяет ГИВ, отображенную катастрофой складки по линии АС (этот термин взят из теории катастроф).

Кривая катастроф (рис. 2 и рис. 3) – это кривая равновесных состояний. Покажем, как специфическая конфигурация этого многообразия (кривая катастроф) обуславливает существенные границы изменения организованности.

Обычная последовательность событий, приводящих к изменению организованности, начинается с малых значений параметра нагружения, т. е.

количества поступающей в СС информации. При этом поддерживается низкая скорость накопления организованности, соответствующая низкому значению равновесного состояния. По мере старения

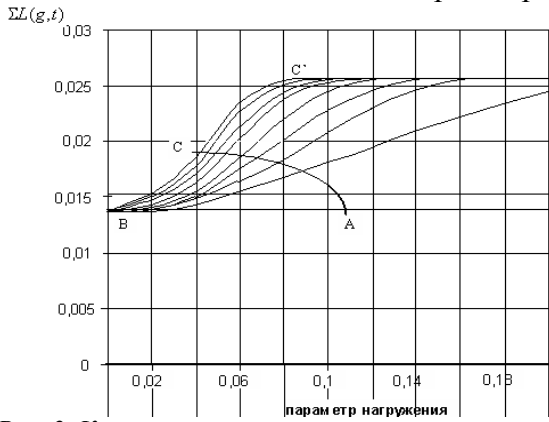


Рис. 2. Кривые, описывающие моменты жизни системы

В момент, когда эта система достигает точки А, она переходит на качественно другой уровень накопления организованности. Очевидно, что если развивающаяся система способна достичь состояния, лежащего за точкой А, то катастрофа¹ неминуема.

Последнее происходит в результате действия внутренних механизмов, порождающих конкретную конфигурацию линии катастроф. Очевидно, движение к линии катастроф не прекратится, даже если удастся уменьшить величину параметра нагружения.

Состояние развивающейся системы в точке С является равновесным только в том случае, если она неизменна во времени. Однако в действительности, по мере насыщения эволюционирующей системы информацией, при относительно больших скоростях изменения ее организованности происходят необратимые изменения ее структуры, что, в свою очередь, приводит к ее переходу в новое равновесное состояние (точка С').

Таким образом, в новом состоянии равновесия мы имеем абсолютно новую эволюционирующую систему, которая вновь при изменении параметра нагружения начинает процесс своего развития

¹ То есть ее скачкообразный переход в новое качественное состояние.

эволюционирующей системы скорость изменения ее организованности монотонно и равномерно движется вдоль нижней части линии ВАС'.

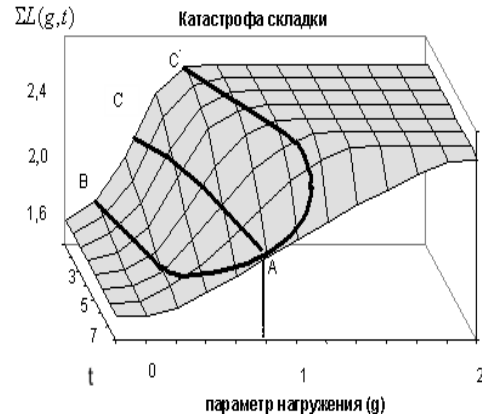


Рис. 3. Катастрофа складки

аналогично описанному выше. Отсюда следует, что любая система, способная воспринимать информацию, крайне уязвима относительно ее увеличения.

4. Факты, подтверждающие наличие ГИВ у самоорганизующихся систем

Приведенный анализ показывает, что у любой системы, способной воспринимать информацию, есть своя ГИВ. Этот факт достаточно хорошо согласуется с данными, которые доказывают возможности самоорганизации на основе существующих принципов физики и биологии.

К таковым можно отнести следующее: [10].

В биологических системах мишенью отбора, а значит и эволюции, является *квазивид*, представленный распределением *фенотипически*² родственных *реплицирующих*³ единиц. В центре этого распределения находится копия (или

²Фенотип [гр. phaino являю + тип] – совокупность всех признаков и свойств организма, сформировавшихся в процессе его индивидуального развития (онтогенеза); фенотип определяется взаимодействием генотипа, т.е. наследственной основы организма, с условиями среды, в которых протекает его развитие.

³Репликация [лат. replicari – отражать] – биол. ауторепродукция – создание себе подобной структуры; репликация лежит в основе передачи наследственной информации от клетки к клетке и от поколения к поколению.

выраженный набор копий), отвечающая фенотипу с максимальной селективной ценностью. Содержание информации в этой главной копии, выраженное числом символов (нуклеотидов), приходящимся на реплицирующую единицу, ограничено. Превышение этого порога содержания информации (в нашей терминологии ГИВ) приводит к ее распаду вследствие постоянного накопления ошибок, т.е. к катастрофе [10].

Физические свойства, присущие нуклеиновым кислотам, допускают воспроизводимое накопление информации не более чем 50-100 нуклеотидов [3; 4].

Феноменологическое описание процесса самоорганизации СС, базирующееся на механизмах накопления информации, полностью согласуются с теорией прерывистой эволюции [5], так как при этом подтверждается факт существования периодов быстрых изменений и длительных равновесий. При этом хотелось бы отметить, что основной принцип прерывистой эволюции – отбор видов, является единственно понятным способом создания информации.

Именно отбор создает неравновесные состояния СС, поддерживающиеся за счет поступления в нее информации, приводящей к специфическим изменениям памяти. Таким образом, отбор является первопричиной формирования опыта.

Известны закономерности, накладывающие ограничения на возможности по совершенствованию

эволюционирующих систем. К ним относится, например, квантово-механический принцип неопределенности, который накладывает фундаментальное ограничение на максимально возможный размер памяти компьютера, поскольку, как показано в [7], с увеличением ее объема с некоторого момента теряется точность вычислений, производимых с его помощью.

Из вышеизложенного следует, что задача качественного исследования эволюционирующей системы может быть сведена к определению ее ГИВ, зависящей от определяющих параметров – количества и качества поступающей в систему информации и скорости роста ее организованности.

Такое исследование состоит в том, чтобы описать все возможные бифуркации, построить множество значений бифуркационных параметров на области с различным типом фазовых портретов и указать для каждой области соответствующий ей фазовый портрет с областью определения ГИВ.

Опираясь на авторитет великого И. П. Павлова, подытожим это его словами: «... Вся жизнь от простейших до сложнейших организмов, включая, конечно, и человека, есть длинный ряд все усложняющихся до высочайшей степени уравниваний внешней среды» [11]. Слова эти, думается, точно характеризуют перспективы применения предлагаемого тут анализа ВНС.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Haken H. Synergetic Computer and Condition. A Top-Down Approach to Neural Nets / H. Haken. – 2nd enlarged edition. – Berlin : Springer, 2004. – 244 p.
2. Паск Г. Модель эволюции / Г. Паск // Принципы самоорганизации : сб. докл. : пер. с англ. / под ред. и с предисл. А. Я. Лернера. – Москва, 1966. – С. 284–314. – Режим доступа: http://publ.lib.ru/ARCHIVES/_CLASSES/BIB/_Bib_sborniki.html.
3. Foerster H. V. Part I : Cybernetica 3 // Pask G. A Predictive Model for Self-Organizing Systems / G. Pask, H. V. Foerster. – [Urbana], 1961. – P. 258–300.
4. Дубров Ю. Людина в сучасному виробництві: проблеми психічної стійкості та інтелектуальної мобільності / Ю. Дубров // Вісник Національної академії наук України. – 1998. – № 4. – С. 81–90.
5. Eigen M. The Hypercycle. A principle of natural self-organisation. Part B: The abstract hypercycle / M. Eigen, P. Schuster // The Science of Nature = Naturwissenschaften. – 1978. – Vol. 65, iss. 1. – P. 7–41. – Available at: http://jaguar.biologie.hu-berlin.de/~wolfram/pages/seminar_theoretische_biologie_2007/literatur/schaber/Eigen1978Naturwissenschaften65a.pdf

6. Eigen M. The Hypercycle. A principle of natural self-organisation. Part C: The realistic hypercycle / M. Eigen, P. Schuster // *The Science of Nature = Naturwissenschaften*. – 1978. – Vol. 65, iss. 7. – P. 341–369. – Available at: http://jaguar.biologie.hu-berlin.de/~wolfram/pages/seminar_theoretische_biologie_2007/literatur/schaber/Eigen1978Naturwissenschaften65b.pdf
7. Шарль Г. Физические пределы вычислений / Г. Шарль, П. Бенне, Р. Ландауэр // *В мире науки = Scientific American*. – 1985. – № 9. – С. 24–37. – Режим доступа: <http://vivovoco.astronet.ru/VV/PAPERS/NATURE/CALC/CALC.HTM>.
8. Volterra V. *Lecóns sur la théorie mathématique de la lutte pour la vie* / V. Volterra ; ed. J. Gabay. – Paris : Gauthiers-Villars, 1931. – 214 p. – Режим доступа: <http://www.gabay-editeur.com/VOLTERRA-Lecons-sur-la-theorie-mathematique-de-la-lutte-pour-la-vie-1931>.
9. Lotka A. J. *Elements of Physical Biology* / A. J. Lotka. – Baltimore : Williams and Wilrins company, 1925. – 495 p. – Режим доступа: <https://archive.org/details/elementsofphysic017171mbp>.
10. Solbrig O. *Introduction to Popular Biology and Evolution* / O. Solbrig, J. Solbrig. – USA : Addison-Wesley, 1979. – 468 p. – Режим доступа: <http://www.evolocus.com/Textbooks/Solbrig1979.pdf>.
11. Фролов Ю. П. И. П. Павлов и его учение об условных рефлексах / Ю. П. Фролов. – Москва ; Ленинград : Гос. изд-во биол. и медиц. лит-ры, 1936. – 250 с. – Режим доступа: http://publ.lib.ru/ARCHIVES/F/FROLOV_Yuriy_Petrovich/_Frolov_Yu.P..html.

REFERENCES

1. Haken H. *Synergetic Computer and Condition*. 2nd enlarged edition. Berlin: Springer, 2004, 244 p.
2. Pask G. and Lerner A. Ya. *Model' evolyutsii* [Model of evolution]. *Principy samoorganizacii* [The principles of self-organization]. Moscow, 1966, pp. 284–314. Available at: http://publ.lib.ru/ARCHIVES/_CLASSES/BIB/_Bib_sborniki.html (in Russian).
3. Foerster H. A and Pask G. *Predictive Model for Self-Organizing Systems*. 1961, pp. 258–300.
4. Dubrov Yu. I. *Lyudina v suchasnomu virobnitstvi: problemi psichichnoyi stiykosti ta intelektualnoyi mobilnosti* [Man in modern production: problems of mental stability and intellectual mobility]. *Visnyk Natsional'noi akademii nauk Ukrainy* [Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine]. 1998, no. 4, pp. 81–90. (in Ukrainian).
5. Eigen M. and Schuster P. *The Hypercycle. A Principle of Natural Self-Organisation. Part B: The Abstract Hypercycle*. *The Science of Nature = Naturwissenschaften*. 1978, vol. 65, iss. 1, pp. 7–41. Available at: http://jaguar.biologie.hu-berlin.de/~wolfram/pages/seminar_theoretische_biologie_2007/literatur/schaber/Eigen1978Naturwissenschaften65a.pdf.
6. Eigen M. and Schuster P. *The Hypercycle. A principle of natural self-organisation. Part C: The realistic hypercycle*. *Science of Nature. Naturwissenschaften*. 1978, vol. 65, iss. 7, pp. 341–369. Available at: http://jaguar.biologie.hu-berlin.de/~wolfram/pages/seminar_theoretische_biologie_2007/literatur/schaber/Eigen1978Naturwissenschaften65b.pdf
7. Sharl G., Benne P. and Landaujer R. *Fizicheskiye predely vychisleniy* [Physical limits of computing]. *V mire nauki* [In the world of science]. *Scientific American*. 1985, no. 9, pp. 24–37. Available at: <http://vivovoco.astronet.ru/VV/PAPERS/NATURE/CALC/CALC.HTM> (in Russian).
8. Volterra V. and Gabay J. *Lecóns sur la théorie mathématique de la lutte pour la vie*. Paris: Gauthiers-Villars, 1931, 214 p. Available at: <http://www.gabay-editeur.com/VOLTERRA-Lecons-sur-la-theorie-mathematique-de-la-lutte-pour-la-vie-1931>.
9. Lotka A. J. *Elements of Physical Biology*. Baltimor: Williams and Wilrins company, 1925, 495 p. Available at: <https://archive.org/details/elementsofphysic017171mbp>.
10. Solbrig O. and Solbrig J. *Introduction to Popular Biology and Evolution*. USA: Addison-Wesley, 1979, 468 p. Available at: <http://www.evolocus.com/Textbooks/Solbrig1979.pdf>.
11. Frolov Yu. P. *Pavlov i ego ucheniye ob uslovnykh refleksakh* [I. P. Pavlov and his theory of conditioned reflexes]. Moscow, Leningrad: Gos. izd-vo biol. i medits. lit-ry, 1936, 250 p. Available at: http://publ.lib.ru/ARCHIVES/F/FROLOV_Yuriy_Petrovich/_Frolov_Yu.P..html (in Russian).

Рецензент: д-р т. н., проф. В. І. Большаков

Надійшла до редколегії: 20.02.2016 р. Прийнята до друку: 26.02.2016 р.