

## О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА СИСТЕМНОГО ПОТЕНЦИАЛА В ИССЛЕДОВАНИИ ЭВОЛЮЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.

Современная экономическая теория широко использует методы системного мышления для моделирования экономических процессов. Представление об экономике как единой системе позволяет лучше понять многие закономерности ее развития. Однако, есть одна проблема, которую мы хотели бы обсудить в этой статье.

Проблема состоит в отсутствии общепринятой системы терминов, позволяющей выразить основные свойства системы как единого целого. Есть “объект” – **сложная адаптивная система (САС)**, спонтанно возникшая в процессе эволюции. Этот “объект” имеет определенную “структуру”, для описания которой нужна определенная система понятий. Задача состоит в том, чтобы выделить эту структуру и найти термины, которые лучше всего подходят для выражения существующих внутри этой структуры взаимосвязей. Мы говорим о системе категорий, описывающих сложную адаптивную систему.

Выделение структуры САС и описание ее с помощью определенной системы категорий – это первая задача. Вторая задача – четкая формулировка тех принципов, которыми регулируется эволюция сложной адаптивной системы. Можно выделить четыре регулирующих механизма эволюции САС: (1) механизм адаптации САС к меняющемуся внешнему окружению, (2) механизм действия принципа энтропии, (3) механизм мутаций САС и (4) механизм резких внешних воздействий на САС.

Примером САС является экономическая система. Описание экономики как единой эволюционирующей системы предполагает предварительное решение указанных выше задач: (1) построение системы категорий, описывающей структуру САС и (2) описание действия перечисленных выше механизмов, регулирующих эволюцию САС.

Мы бы хотели указать на один интересный способ возможного решения этих задач. Этот способ опирается на метод системной динамики, представленный на Международной Конференции Общества Системной Динамики в 2003 году [14]. Мы называем этот метод – Методом Системного Потенциала (**МСП**). Такое название выражает основную идею данного метода – представить эволюцию как процесс изменения некоторого свойства системы, которое характеризует **способность** системы адекватно реагировать на внешние воздействия и накапливать полезный опыт. Эта обобщенная характеристика уровня развития адаптивной системы была названа “потенциалом системы”.

“*Потенциал*” можно рассматривать как меру величины адаптивных способностей САС. Кроме “потенциала” МСП вводит еще несколько терминов: “условия реализации потенциала”, “эффективность работы системы”, “оснащенность потенциала условиями” и др.

“Условиями реализации потенциала” мы называем ту совокупность свойств системы и ее окружения, которые способствуют или препятствуют процессу реализации “потенциала” системы.

“Эффективность” системы определяется отношением реализуемой в “деятельности” системы части “потенциала” к полной его величине.

“Оснащенность системы” определяется отношением величины “условий” к величине “потенциала”.

Все эти термины логически взаимосвязаны друг с другом и в совокупности фиксируют структуру, которая согласно МСП, лежит в основе любой сложной адаптивной системы.

Таким образом, МСП постулирует наличие некоторой общей структуры у большинства сложных адаптивных систем. Эта структура описывается с помощью таких терминов как: “потенциал”, “условия реализации”, “оснащенность”, “эффективность” системы. Их можно назвать системными категориями, фиксирующими структуру САС. Ниже будет дано краткое определение этих терминов и описана их логическая взаимосвязь.

МСП предлагает рассматривать эти категории как математические величины, принимающие определенные численные значения. Логическая взаимосвязь этих терминов может быть представлена тогда как математическая взаимосвязь соответствующих им системных переменных. Это позволяет представить структуру САС в виде некоторой математической модели и исследовать ее методами анализа динамических систем. “Потенциал”, “условия реализации” и “эффективность” системы определяют “состояние” системы. Каждому состоянию САС соответствует точка в “пространстве состояний”: “потенциал системы” – “условия реализации потенциала” – “эффективность работы системы”. Эволюция САС изображается линией в этом пространстве, которая задается параметрической зависимостью системных переменных от времени.

МСП вводит понятие “нормальной эволюции” как такой эволюции, которая регулируется действием лишь двух эволюционных механизмов: (1) механизма адаптации и (2) механизма действия принципа энтропии. Мутации системы и резкие внешние воздействия на нее также могут быть описаны МСП.

Механизм адаптации связывает изменение “потенциала” и “условий реализации” с “деятельностью” системы. Его можно сформулировать следующим образом.

**Механизм адаптации:** “деятельность” САС есть процесс, который:

- *Сохраняет* адаптивные способности САС,
- *Наращивает* применяемые в деятельности адаптивные способности САС.

Учитывая, что “потенциал системы” есть мера ее адаптивных способностей, можно переформулировать механизм адаптации следующим образом: “деятельность” системы сохраняет имеющийся у нее “потенциал” и

*наращивает ту часть “потенциала”, которая реализуется в “деятельности” системы.*

Действие механизма адаптации на величину “условий реализации” системы более сложное. В простейшем случае прирост “условий” также зависит лишь от “деятельности” системы. В этой статье мы будем рассматривать только этот простейший случай: *прирост “условий реализации” системы прямо зависит от величины “деятельности” системы.*

**Механизм энтропии** является выражением процессов распада системы под влиянием не контролируемых системой случайных воздействий на нее. Этот механизм можно интерпретировать как обобщение известного второго начала термодинамики. *Вследствие действия принципа энтропии “потенциал” и “условия реализации” системы, не совершающей никакой “деятельности”, постепенно уменьшаются.*

Термин “энтропия” используется здесь в широком смысле как показатель степени неупорядоченности системы. Так, например, понимают этот термин Hoaking, S.W. [8] и Penrose, R. [13].

“...entropy... measures the degree of disorder of a system. It is a matter of common experience that disorder will tend to increase if things are left to themselves.” (Hoaking, S.W., p.102).

“...entropy of a system is a measure of its manifest disorder... the second law of thermodynamics asserts that the entropy of an isolated system increases with time...” (Penrose, R., p.308-309).

Конечно, термодинамическая «энтропия» есть нечто большее, чем просто мера, характеризующая степень беспорядка в системе. Peter Corning и Stephen Jay Kline [5; 6] справедливо указывают, что нельзя отождествлять: (1) термодинамическую энтропию с уровнем неупорядоченности системы и (2) второй закон термодинамики с рост беспорядка в системе вследствие неконтролируемых флуктуаций и случайных внешних воздействий на нее. Однако, поскольку в современном системном мышлении термин “энтропия” все чаще употребляется именно в этом более широком смысле слова - как мера беспорядка в системе, мы будем пользоваться этим термином именно в таком, более широком смысле этого слова.

**МСП постулирует**, что рост беспорядка в системе ведет к снижению “потенциала” и “условий реализации” в ней. Это утверждение означает, что случайные воздействия на систему, как правило, снижают ее адаптивные способности и уменьшают условия, необходимые для применения этих способностей в деятельности.

“Нормальная эволюция” системы регулируется действием этих двух простых эволюционных механизмов: адаптивного механизма и механизма энтропии. Первый механизм связывает развитие “потенциала” и “условий” с

“деятельностью” системы, второй описывает процессы деградации системы вследствие неконтролируемых воздействий на нее.

Можно сказать, что *“деятельность” сложной адаптивной системы есть постоянная борьба ее с разрушающим действием принципа энтропии.*

**Объединяя оба эволюционных механизма в один,** получаем следующее свойство динамики адаптивных способностей:

- *поддерживаются и прирастают лишь те адаптивные способности системы, которые находят себе полезное применение;*
- *способности, которые система не применяет, постепенно отмирают, вследствие действия принципа энтропии.*

Очевидно, что это свойство выражает смысл понятия “адаптация”.

Отношение используемой в “деятельности” системы части “потенциала” к полной его величине характеризует “эффективность работы системы”. Очевидно, что такое определение “эффективности” системы соответствует обычному смыслу этого термина.

Как уже было отмечено, “потенциал”, “условия реализации” и “эффективность” системы полностью определяют ее состояние. Изменение этих величин при “нормальной эволюции” может быть описано эволюционными уравнениями, которые выражают действие механизма адаптации и механизма энтропии. Ниже будет дан вывод этих уравнений. Укажем, что *даже в линейном приближении всех взаимосвязей между системными переменными получаются нелинейные уравнения. Это значит, что сложная адаптивная система функционирует как нелинейная динамическая система.* Эта нелинейность уравнений эволюции заложена в структуре САС и в действии механизмов адаптации и энтропии. Это обстоятельство, как нам кажется, является фундаментальным для понимания особенностей развития САС. Динамика САС не может быть правильно описана с помощью линейных моделей. В частности, это утверждение справедливо и по отношению к “экономической” системе. Поэтому линейные модели экономического роста являются *слишком* упрощенным приближением.

Вывод эволюционных уравнений САС и краткое описание их свойств можно найти также в статье [3], опубликованной на сайте: <http://www.inauka.ru>. Обсуждение статьи содержится на сайте <http://socintegrum.ru>. [4]. С точки зрения системной динамики, “потенциал” и “условия реализации” можно рассматривать как “уровни” САС (“levels”), которые регулируются двумя “потоками”: “деятельностью” системы (“input-flaw”) и “энтропией” (“output-flaw”). Эволюционные уравнения описывают условия баланса между “уровнями” и “потоками”.

**Введем следующие обозначения:**

- 1)  $\Phi$  - “потенциал” САС,
- 2)  $\Phi_R$  - “реализуемая часть потенциала” САС,

- 3)  $\Phi_D$  - “не реализуемая часть потенциала” САС,  
 4)  $U$  - “условия реализации потенциала” САС,  
 5)  $A$  - “деятельность” САС,  
 6)  $z = \frac{U}{\Phi}$  - “оснащенность потенциала условиями реализации”, (1)  
 7)  $R = \frac{\Phi_R}{\Phi}$  - “эффективность работы” САС. (2)

Выполняются соотношения:

$$\Phi = \Phi_R + \Phi_D, \quad (3)$$

$$A = \varepsilon \cdot \Phi_R. \quad (4)$$

Соотношение (3) не требует пояснений. Соотношение (4) формализует в виде линейной связи прямую зависимость величины “деятельности” от величины “потенциала”, применяемого (реализуемого) в процессе этой “деятельности”.

Состояние САС можно описывать, используя переменные 1) – 7), однако в силу соотношений (1) – (4) лишь три из этих переменных независимые. Удобно использовать переменные  $\Phi$ ,  $U$  и  $R$ .

Условимся обозначать  $V^{(+)}$  и  $V^{(-)}$  - приток и сток величины  $V$  в единицу времени.

Действие механизма “энтропии” в линейном приближении описывается законом радиоактивного распада:

$$\Phi^{(-)} = -d \cdot \Phi, \quad (5)$$

$$U^{(-)} = -\Lambda \cdot U. \quad (6)$$

Прирост (приток) “условий” в рассматриваемом простейшем случае можно считать пропорциональным “деятельности” системы:

$$U^{(+)} = \eta \cdot A = \nu \cdot \Phi_R, \quad (7)$$

$$\nu = \eta \cdot \varepsilon. \quad (8)$$

Действие “адаптивного” механизма на величину “потенциала” описывается петлей положительной обратной связи: “реализуемый потенциал”  $\rightarrow$  “деятельность”  $\rightarrow$  “прирост реализуемого потенциала”. В линейном приближении имеем:

$$\dot{\Phi}_R = \mu \cdot A = a \cdot \Phi_R, \quad (9)$$

$$a = \mu \cdot \varepsilon. \quad (10)$$

Мы предполагаем, что приток “реализуемой части потенциала” за счет “деятельности” системы больше оттока этой величины за счет действия механизма энтропии. Обозначив  $\Phi_R^{(+)}$  - приток реализуемой части потенциала и  $\Phi_R^{(-)}$  - сток этой величины, и учитывая (4) и (9), получаем следующее соотношение для *полного* изменения величины  $\Phi_R$ :

$$\dot{\Phi}_R = \Phi_R^{(+)} - \Phi_R^{(-)} = \beta \cdot A - d \cdot \Phi_R = (\beta \cdot \varepsilon - d) \cdot \Phi_R \equiv a \cdot \Phi_R. \quad (11)$$

Поскольку чистый приток всего “потенциала” равен чистому притоку реализуемой его части,  $\Phi_R^{(+)}$ , получаем:

$$\Phi^{(+)} = \Phi_R^{(+)} = \beta \cdot A = (a + d) \cdot \Phi_R. \quad (12)$$

Параметры  $a, d, \nu, \Lambda$  можно назвать “эволюционными параметрами” системы. Это положительные постоянные величины.

Полная система эволюционных уравнений нормальной эволюции САС имеет следующий вид:

Изменение в единицу времени	Приток через канал “деятельности”	Отток через канал “энтропии”	
$\dot{\Phi} =$	$\beta \cdot A$	$-d \cdot \Phi,$	(13)

$\dot{U} =$	$\eta \cdot A$	$-\Lambda \cdot U,$	(14)
-------------	----------------	---------------------	------

$$\dot{\Phi}_R = a \cdot \Phi_R. \quad (15)$$

$$A = \varepsilon \cdot \Phi_R, \quad (16)$$

Эта система уравнений легко сводится к уравнениям относительно основных системных переменных:  $\Phi, U$  и  $R$ :

$$\dot{\Phi} + d \cdot \Phi = (a + d) \cdot R \cdot \Phi, \quad (17)$$

$$\dot{U} + \Lambda \cdot U = \nu \cdot R \cdot \Phi, \quad (18)$$

$$\dot{R} = (a + d) \cdot R \cdot (1 - R). \quad (19)$$

Показатель эффективности,  $R$ , является функцией от “оснащенности” системы,  $R = R(z)$  и удовлетворяет обыкновенному дифференциальному уравнению Якоби, которое не сложно вывести из уравнений (17)-(19):

$$R'_z \cdot [(\nu - (a + d) \cdot z) \cdot R + (d - \Lambda) \cdot z] - (a + d) \cdot R \cdot (1 - R) = 0 \quad (20)$$

Процедура решения таких уравнений приведена в справочнике [1], пример №22 п.1.3.4. Решением уравнения является функция, имеющая две ветви:

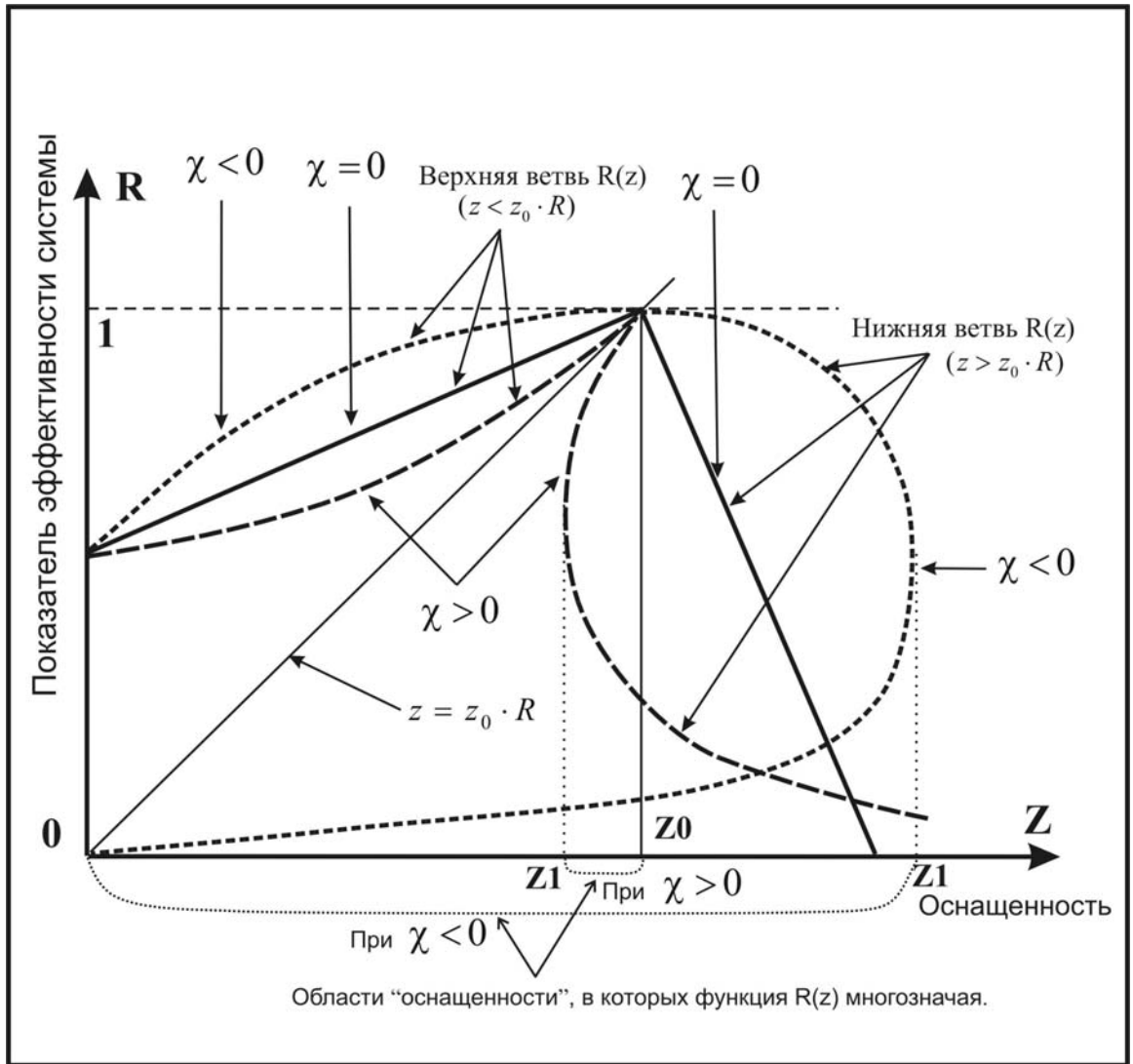
**Верхняя эволюционная ветвь:**

$$z = z_0 \cdot R - C^{(-)} \cdot R^{-z} \cdot (1 - R)^{1+z} \text{ при } z < z_0 \cdot R, \quad (21)$$

**Нижняя эволюционная ветвь:**

$$z = z_0 \cdot R + C^{(+)} \cdot R^{-z} \cdot (1 - R)^{1+z} \text{ при } z > z_0 \cdot R. \quad (22)$$

$C^{(+)} > 0$  и  $C^{(-)} > 0$  - константы, зависящие от начальных условий.



**Рис. 1.** Зависимость “эффективности” системы от “оснащенности” при разных значениях  $\chi$ .

Здесь использованы обозначения:

$$\chi = \frac{\Lambda - d}{a + d} \quad \text{и} \quad z_0 = \frac{\nu}{a + \Lambda}. \quad (23)$$

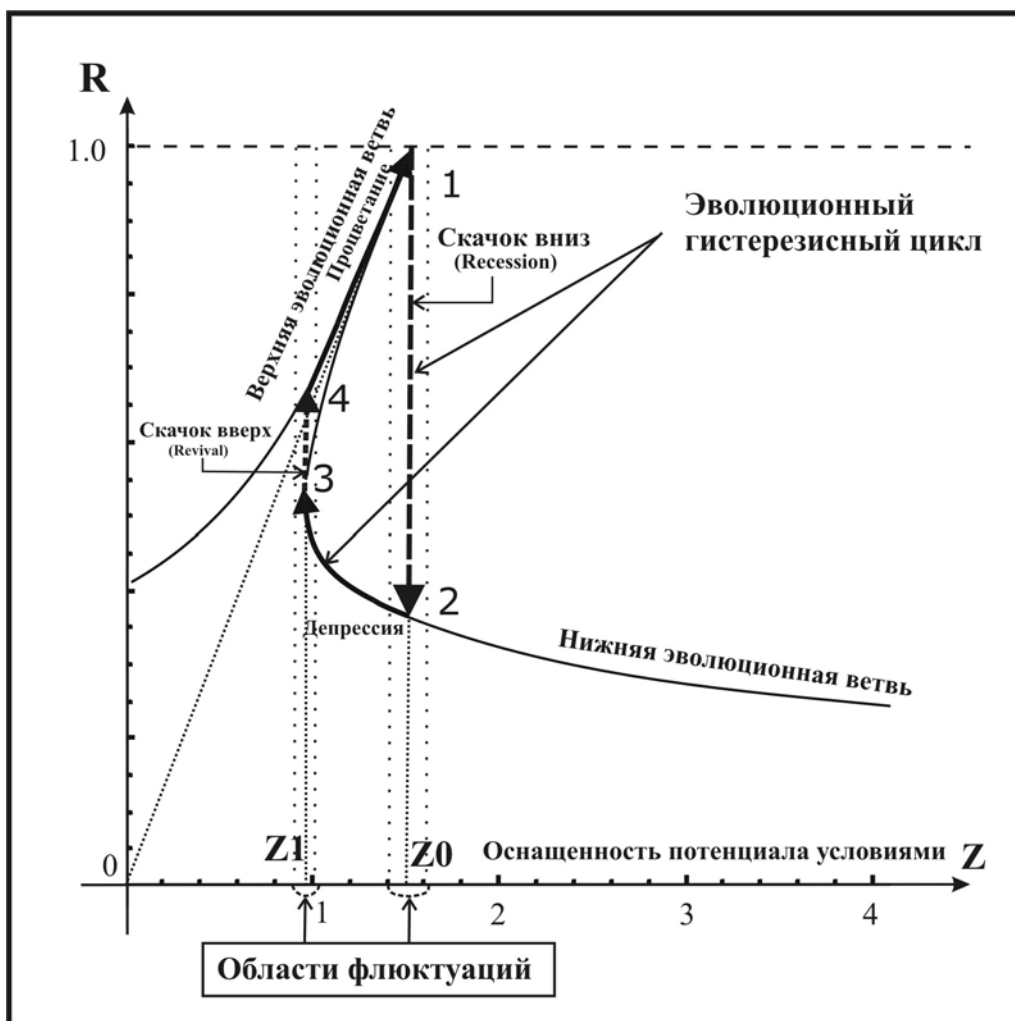
Чтобы отличать верхнюю эволюционную ветвь от нижней будем помечать точки, взятые на этих ветвях, значками “u” – “upper” и “l” – “lower”:

$$(z^{(u)}; R^{(u)}) - \text{верхняя ветвь, } (z^{(l)}; R^{(l)}) - \text{нижняя ветвь.} \quad (24)$$

Учитывая очевидные ограничения:

$$0 \leq R \leq 1 \quad \text{и} \quad z \geq 0, \quad (25)$$

получаем изображенный на **рис.1** график функции  $R(z)$ . На этом рисунке изображены графики для трех случаев:  $\chi > 0$ ,  $\chi < 0$  и  $\chi = 0$ .



**Рис. 2.** Эволюционный цикл САС.

Формулы (21) – (22) выражают зависимость “эффективности” системы от ее “оснащенности”. Уравнение (19) описывает зависимость “эффективности” от времени. Решение этого уравнения – логистическая функция:

$$R(t) = \frac{1}{1 + b \cdot \exp(-(a + d) \cdot t)}, \quad (26)$$

$$b = \frac{1 - R(0)}{R(0)}. \quad (27)$$

**В смысле динамических свойств САС наиболее интересен случай  $\chi > 0$ .** В этом случае возможна циклическая динамика изменения показателя “эффективности” системы. График  $R(z)$  имеет в этом случае геометрическую форму острого наклоненного гребня волны, **рис.1 и 2**. Как следует из уравнения (19), “эффективность” САС растет по логистическому закону (26). Траектория системы  $(z(t); R(t))$  описывает одну из ветвей (21) или (22) в плоскости  $(z; R)$ , в зависимости от начального положения системы  $(z(0); R(0))$ . Если

“эволюционные параметры” строго постоянные величины, то система асимптотически приближается к вершине “гребня”. Однако, такое предположение не соответствует реальности. В любой реальной САС “эволюционные параметры” флуктуируют относительно своих средних значений. Кроме того, всегда есть случайные факторы, которые отклоняют систему от траектории нормальной эволюции. Такими факторами могут быть, например, внешние воздействия на систему. В обоих случаях траектория реальной САС будет флуктуировать относительно траектории (21)-(22). Встает вопрос об устойчивости системы к отклонениям от этой траектории. В рассматриваемом случае,  $\chi > 0$ , функция  $R(z)$  не является однозначной внутри области  $(z_1; z_0)$ , где  $z_1$  - точка, в которой производная  $R'_z(z)$  на нижней ветви обращается в бесконечность. Математическое исследование задачи об устойчивости системы выходит за пределы данной статьи. Отметим лишь результат: по мере приближения системы к точке  $z_1$  по нижней эволюционной ветви и к точке  $z_0$  по верхней эволюционной ветви система становится все менее устойчива к малым флуктуациям оснащенности  $\delta z$ . В  $\varepsilon$ -окрестности этих точек,  $|z - z_{0,1}| < \varepsilon$  достаточно оказывается любой малой флуктуации  $|\delta z| > \varepsilon$ , чтобы система совершила скачок с одной эволюционной ветви на другую. В окрестности точки  $z_1$  система перескакивает с нижней ветви на верхнюю, в окрестности точки  $z_0$  - с верхней на нижнюю.

*Эти два скачка и плавное развитие системы вдоль нижней и верхней эволюционной ветви формируют циклическую динамику показателя эффективности работы системы, изображенную на рис.2. Мы назвали эти циклы “эволюционными циклами”, поскольку они возникают вследствие действия описанных выше механизмов, которыми регулируется эволюция САС.*

Циклы этого типа могут быть описаны методами теории катастроф. Описанные выше скачки можно рассматривать как математическую катастрофу эволюции САС. Циклические изменения эффективности системы приводят к “волнообразной” траектории системы в плоскости  $(\Phi; U)$ .

### **Перечислим некоторые свойства эволюционного цикла.**

1. **Эволюционный цикл (рис.2) состоит из четырех фаз:** 1) фазы движения системы по верхней эволюционной ветви (фаза процветания или *prosperity*) (4→1), 2) фазы скачка с верхней на нижнюю эволюционную ветвь (фаза кризиса или *recession*) (1→2), 3) фазы медленного роста вдоль нижней эволюционной ветви (фаза депрессии, *depression*) (2→3) и 4) фазы восстановления нормального ритма работы системы (фаза восстановления, *revival*) (3→4).
2. **Длительность эволюционного цикла является случайной величиной,** среднее значение которой зависит от средних значений флуктуаций  $\delta z$  в окрестности точек срыва,  $z_1$  и  $z_0$ . Из формулы (26) следует, что длительность

фаз депрессии и процветания может быть вычислена по следующей формуле:

$$T = \frac{1}{a+d} \cdot \text{Ln} \left( \frac{\frac{1}{R_{\min}} - 1}{\frac{1}{R_{\max}} - 1} \right); \quad (28)$$

где  $R_{\min}$  и  $R_{\max}$  - наименьшее и наибольшее значения  $R$  в соответствующей фазе цикла:

Для фазы депрессии:

$$R_{\min} \approx R^{(l)}(\tilde{z}_0); \quad R_{\max} \approx R^{(l)}(\tilde{z}_1); \quad (29)$$

Для фазы процветания:

$$R_{\min} \approx R^{(u)}(\tilde{z}_1); \quad R_{\max} \approx R^{(u)}(\tilde{z}_0); \quad (30)$$

$$\tilde{z}_0 = \max \left[ z^{(u)}(t) \mid z^{(u)}(t) + \delta z > z_0 \right]; \quad \tilde{z}_1 = \min \left[ z^{(l)}(t) \mid z^{(l)}(t) + \delta z < z_1 \right]. \quad (31)$$

3. **Длительность фаз кризиса и восстановления** (скачки с одной эволюционной ветви на другую) **много меньше длительности фаз депрессии и процветания.** Скачок по определению есть процесс достаточно быстрый. Длительность фаз скачков нельзя определить формулой (28). *Фазам скачка соответствуют процессы нового распределения «потенциала» на реализуемую и нереализуемую составляющие.* Эти процессы можно символически представить как «перетекание» «потенциала» из резервуара реализуемой части в резервуар нереализуемой части (кризис) или в обратную сторону (фаза восстановления). В реальной системе, например, экономической, за этими процессами перераспределения потенциала между двумя резервуарами (реализуемый – нереализуемый) стоят сложные процессы перенастройки системы на новый режим работы.
4. **Длительность фазы депрессии должна быть, как правило, меньше длительности фазы процветания.** Это следует из того, что при  $\delta z \rightarrow 0$  длительность фазы депрессии стремится к конечному значению, а длительность фазы процветания стремится к бесконечности, как это следует из формул (28) - (31).

**Мы хотим предложить следующую гипотезу:**

*В основе бизнес цикла экономической системы лежит описанный выше эволюционный цикл.* Для этой гипотезы есть веские основания.

Wesley C. Mitchell [10; 11] с коллегами из Национального Бюро Экономических Исследований провели огромную работу, собрав и

проанализировав множество данных о протекании бизнес циклов в разных странах. В результате им удалось установить ряд свойств этих циклов.

- Они пришли к выводу, что именно четырехфазная схема: recession → depression → revival → prosperity лучше всего описывает характерные особенности типичного бизнес цикла.
- Они установили, что длительности фаз кризиса (recession) и восстановления (revival) значительно короче длительности двух других фаз – депрессии (depression) и процветания (prosperity). В большинстве случаев фаза процветания длиннее, чем фаза депрессии.

“...The phases of recession and revival are relatively brief. Put together, they account for only one-quarter of the duration of business cycles on the average. On the remaining three-quarters, the prosperous phase occupies a somewhat longer time, than the phase of depression” ([10]; p.420).

- Willard L. Thorp установил, что в так называемых длинных циклах, фаза депрессии удлиняется. Этот факт объясняется тем, что в фазе кризиса часто происходит резкое изменение эволюционных параметров системы. Такое резкое изменение эволюционных параметров можно назвать мутацией системы. Если в результате мутации положение точки  $z_0$  в момент кризиса резко смещается влево, то вследствие этого фаза депрессии удлиняется (рис.3). Например, именно такой мутацией объясняется глубина и длительность Великой Депрессии 1930-ых годов в США.

**Рис. 3.** Пример удлинения эволюционного цикла вследствие мутации экономической системы – Великая Депрессия 1930-ых годов.



“Dr. Thorp has made a special examination of these long cycles... The average phase of depression in these long cycles is nearly a year longer than the average phase of prosperity” ([10]; p.411-412)

- Гистограммы распределения длительностей циклов, которые приводит Wesley C. Mitchell (chart 24; [10]), свидетельствуют о том, что длительность цикла имеет свойства случайной величины.

Эти свойства бизнес циклов, выявленные в результате исследований Wesley C. Mitchell и Willard L. Thorp [10; 11], полностью соответствуют перечисленным выше свойствам эволюционного цикла. Этот результат подкрепляет нашу гипотезу об эволюционной природе бизнес циклов.

*Мы предлагаем отождествить эволюционный цикл экономической системы с бизнес циклом.* Известно, что динамика экономических показателей демонстрирует наличие нескольких циклических составляющих с разными периодами: длинные волны Кондратьева, строительный цикл, цикл, связанный с колебаниями запасов товаров (inventory cycle), сельскохозяйственный цикл. Можно добавить сезонные циклы и циклические колебания некоторых других составляющих экономической системы. Экономика - очень сложная система, состоящая из множества подсистем, которые до некоторой степени сами являются автономными системами. Чем крепче взаимозависимость всех этих подсистем друг от друга, тем в большей степени экономика в целом является единой САС, которая регулируется описанным выше механизмами энтропии и адаптации. *При некотором уровне взаимозависимости частей экономики друг от друга, экономика начинает работать как единое целое.*

Это целое развивается по общему закону циклической эволюции, и все части системы оказываются вовлеченными в этот общий циклический процесс. Фазы эволюционного цикла охватывают все подсистемы экономической системы, накладываясь на их собственную циклическую динамику. В результате *каждая подсистема экономики помимо собственной циклической динамики участвует в едином циклическом процессе экономической системы как единого целого.* Это влияние экономической системы на динамику своих подсистем становится заметным, как только экономика приобретает свойства единого организма. Это подразумевает отсутствие административных барьеров для движения товаров, ресурсов и информации внутри страны, высокий уровень разделения труда, наличие развитой сети транспортных и информационных коммуникаций, гибкую систему складирования и торговли, наличие высокоразвитых рынков товаров, услуг, ресурсов, капитала и т.п. Такая степень единства экономической системы достигается лишь с появлением и распространением капиталистического способа производства. В разных европейских странах процессы формирования единой экономической системы происходили в разные периоды. В большинстве развитых европейских стран единая экономическая система формируется к началу 19 века. С этого времени собственно и начинается история общих экономических кризисов.

Общие экономические кризисы – совершенно новое явление, которое не было известно ни в 16, ни в 17 веке. Отличительная их особенность в том, что они, как правило, начинаются неожиданно, без каких-либо видимых причин. Кризисы старого времени всегда связаны с каким-либо неудачным стечением обстоятельств – войной, неурожаем, стихийным бедствием, открытием новых месторождений или торговых путей. Кризисы старого времени, как правило, охватывают лишь отдельные звенья экономики. Причины их известны, поэтому чтобы преодолеть кризис, достаточно лишь устранить действие этих причин.

С кризисами нового времени дело обстоит совсем иначе. Эти новые кризисы напоминают гром среди ясного неба. Часто они начинаются как раз тогда, когда, по общему мнению, дела идут как нельзя лучше, промышленность процветает, а прибыли и доходы растут. Они начинаются, как правило, с какого-либо события, например, резкого падения акций на фондовой бирже, которое на первый взгляд никак не может стать причиной всеобщего коллапса экономики. В другое время и в другом месте подобное неприятное обстоятельство, хотя и оказывает влияние на состояние дел, вовсе не приводит к таким катастрофическим последствиям, которые имели место, например, в экономике США после краха Нью-йоркской фондовой биржи в октябре 1929 года. Финансовый кризис не всегда порождает общий кризис и поэтому не может быть причиной его. Таким событием, которое, не являясь прямой причиной общего кризиса, тем не менее, способно подтолкнуть стремительное его развитие, может стать и изменение банковской ставки, и неудачное постановление правительства, и плохие новости из заграницы и т.п. Такие события играют роль толчков, которые выводят систему из состояния равновесия и запускают механизм развития общего кризиса. Эти события не оказывают существенного влияния на экономику, пока система находится в состоянии устойчивого равновесия. Но их влияния оказывается достаточно, чтобы вызвать необратимые последствия в малоустойчивой системе. Время накануне общего кризиса – это время, когда система теряет свою устойчивость. Это именно то время, когда незначительное в масштабах страны неблагоприятное событие может стать толчком, вызывающим общий экономический крах.

С позиций Метода Системного Потенциала, общий кризис – это падение экономической системы (как единого целого) с верхней эволюционной ветви на нижнюю ветвь (1→2). Можно предположить, что эволюционный цикл проявляет себя в экономической системе как бизнес цикл экономической системы как единого целого. Перечисленные выше фазы эволюционного цикла совпадают с известными фазами бизнес циклов: crisis (кризис) → depression (депрессия) → revival (восстановление) → prosperity (процветание). Типичный бизнес цикл воспроизводит качественно все основные особенности эволюционного цикла.

(1) Типичный экономический кризис начинается обычно неожиданно и на фоне всеобщего процветания, то есть тогда, когда эффективность

экономической системы приближается к своему максимальному значению, а система становится малоустойчивой (левая окрестность точки  $z_0$  на верхней эволюционной ветви).

(2) Толчком, который выводит систему из состояния малоустойчивого равновесия и запускает процесс падения системы с верхней эволюционной ветви на нижнюю ветвь может стать любая флюктуация (например, коллапс фондового рынка). Скачок вниз с верхней эволюционной ветви на нижнюю ветвь и есть фаза кризиса системы. Математически такой скачок означает наличие катастрофы в эволюции системы. Этой фазе соответствуют процессы нового перераспределения накопленного системой “потенциала” по двум резервуарам: “реализуемый потенциал” и “нереализуемый потенциал”. Ни количество условий в системе,  $U$ , ни величина потенциала,  $\Phi$ , в фазе скачка существенно не меняются. Оснащенность,  $z = \frac{U}{\Phi}$  остается постоянной, и скачок напоминает падение (в прямом смысле) системы с верхней эволюционной ветви на нижнюю ветвь. Сокращение *реализуемой* части накопленного экономической системой “потенциала” обнаруживается в резком сокращении занятости и выпуска конечного продукта. Простаивающее оборудование и массовая безработица означают, что доля неиспользуемого потенциала резко возрастает. Следствием нового деления потенциала на реализуемую и нереализуемую части становится резкое падение показателя эффективности работы системы,  $R = \frac{\Phi_R}{\Phi}$ .

(3) После фазы скачка вниз следует достаточно длительный период вялого течения дел – депрессия. Это - фаза движения системы по нижней эволюционной ветви. Это - время налаживания новых способов ведения бизнеса, внедрения новых технологий и инноваций. По мере приближения системы к точке  $z_1$  положение системы на нижней ветви становится все менее устойчивым. В экономической системе эта постепенная потеря устойчивости положения системы на нижней ветви означает все более возрастающую способность бизнеса вести дело по-новому, при тех новых технологиях и методах, которые были внедрены во время фазы депрессии. В конце концов, происходит опять резкое и быстрое оживление экономики и наступает новая фаза процветания. Скачок вверх осуществляется за счет увеличения реализуемой части потенциала. Опять происходит перераспределение накопленного потенциала, но в отличие от скачка вниз, в этот раз потенциал перетекает в резервуар реализуемых потенциалов системы. Неиспользуемое оборудование и человеческий потенциал опять вовлекаются в процесс производства, но уже на новой технической и организационной основе.

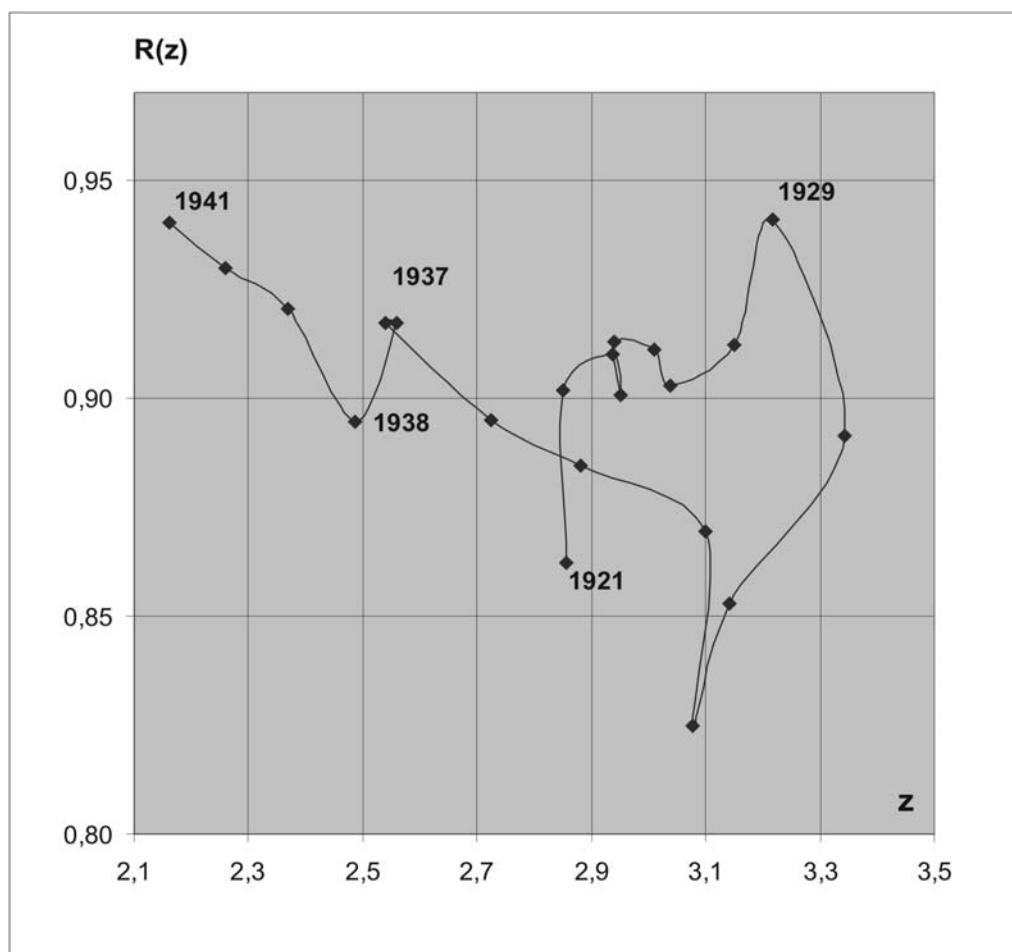
Динамика, состоящая из фаз плавного детерминированного развития системы вдоль определенной эволюционной ветви и скачков системы с одной ветви на другую качественно подобна динамике, описанной Георгием

Геннадиевичем Малинецким [2]. Фаза плавного развития вдоль эволюционной ветви имеет свойства “русла”, фаза скачка – свойства “джокера”. МСП предсказывает возможность трех видов скачкообразного изменения состояния системы: 1) скачки эволюционного цикла, 2) скачки, вызванные резкими внешними воздействиями на систему, 3) скачки, связанные с мутацией системы (с резким изменением ее эволюционных параметров). Во всех трех случаях положение системы в пространстве состояний резко меняется. Предсказать такое изменение практически невозможно, хотя в некоторых случаях можно указать общее направление возможного скачка.

Предложенный здесь способ понимания эволюции САС и экономической системы в частности, может быть проверен на основе статистических данных. Терминам “потенциал”, “условия реализации” и “эффективность” экономической системы можно придать простой и ясный смысл. Эти величины зависят от макроэкономических параметров системы и поэтому измеримы.

Эволюционные параметры,  $a$ ,  $d$ ,  $\nu$  и  $\Lambda$  экономической системы также хорошо известны и широко используются в современной экономической теории. В первом приближении параметр  $\Lambda$  описывает норму амортизации основного капитала (depreciation rate), параметр  $\nu$  - норму валовых инвестиций (rate of investment), параметр  $a$  - норму роста конечного продукта (rate of output). “Потенциал” экономической системы в первом приближении можно оценить, используя валовые расходы в экономике, (Costs или cost-function) “условия реализации” определяются в этом приближении запасами основного капитала нации. Детальное описание применения МСП в экономической теории выходит за рамки данного сообщения. На **Диаграмме 1**, представлен результат обработки статистических данных для экономики США за период 1922–1941 годы, выполненный с использованием МСП. Было использовано несколько источников данных [7; 9; 12; 15; 16]. И хотя расчеты были выполнены при упрощающих предположениях, полученные результаты в целом хорошо согласуются с МСП. Хорошо видно, что период 1922–1929 – это период движения экономической системы по верхней эволюционной ветви. Период 1929 – 1933 – период падения системы с верхней ветви на нижнюю. Это падение сопровождалось резким сдвигом влево точки максимума,  $z_0$ , показателя эффективности работы системы (мутацией экономической системы). Факт мутации подтверждается резким изменением нормы валовых инвестиций (параметр  $\nu$ ) и нормы роста конечного продукта (параметр  $a$ ) после 1933 года, причем с хорошей точностью выполняется формула (23) для значения величины  $z_0$ .

**Диаграмма 1.** Траектория экономической системы США в плоскости  $(z; R)$  в период 1921 – 1941 годы.



1. **Зайцев В.Ф., Полянин А.Д., 2001.** *Справочник. Обыкновенные дифференциальные уравнения.* Физматлит, Москва.
2. **Малинецкий, Г.Г., Потапов, А.Б., 1998.** *Русла и джокеры: о новых методах прогноза поведения сложных систем.* ИПМ, препринт № 32.
3. **Пушной Г.С., 2004.** *Метод Системного Потенциала и Эволюционные циклы.* <http://www.inauka.ru/blogs/article49193/forum.html>
4. <http://socintegrum.ru/forum/viewtopic.php?p=106#106>
5. **Corning, P.A., Kline, J.K. 1998.** *Thermodynamics, Information and Life Revisted, Part I: 'To Be or Entropy'.* Journal of Systems Research and Behavioral Science, v.15, N.4: 273-295.
6. **Corning, P.A., Kline, J.K. 1998.** *Thermodynamics, Information and Life Revisted, Part II: 'To Be or Entropy'.* Journal of Systems Research and Behavioral Science, v.15, N.6: 453-482.
7. **Hansen, A. H., 1951,** *Business Cycles and National Income,* W.W. Norton & Co.: New York.

8. **Hawking, S.W., 1988.** *A Brief History of Time: From the Big Bang to Black Holes.* Bantam Books, New York.
9. **Kendrick, J. W., 1961,** *Productivity Trends in the United States,* The National Bureau of Economic Research, General Series, No.71., Princeton.
- 10.**Mitchell, W. C., 1928,** *Business Cycles. The Problems and Its Setting,* The National Bureau of Economic Research: New York.
- 11.**Mitchell, W. C., 1951,** *What Happens During Business Cycles,* The National Bureau of Economic Research, Studies in Business Cycles, No.2., New York.
- 12.**Moore, G. H., 1961,** *Business Cycle Indicators,* The National Bureau of Economic Research, Studies in Business Cycles, No.10-11., Princeton.
- 13.**Penrose, R., 1989.** *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics.* Oxford University Press, New York.
- 14.**Pushnoi, G. 2003.** *Dynamics of a system as a process of realization of its "potential".* The 21<sup>st</sup> International Conference of the System Dynamics Society, Proceedings, No.56, New York.
- 15.**Solow, R. M., 1957,** *Technical Change and production function,* The Review of Economics and Statistics, Vol.39, No.3.
- 16.**Summary National Income and Product Series:** Annually, 1929-89, Survey of Current Business, September 1990.