

## МОДЕЛЬ БИЗНЕС ЦИКЛА НА ОСНОВЕ МЕТОДА СИСТЕМНОГО ПОТЕНЦИАЛА.

В предыдущем сообщении [1] было дано краткое описание Метода Системного Потенциала (МСП) и приведен вывод эволюционных уравнений, которыми регулируется нормальная эволюция сложной адаптивной системы (САС). В настоящем сообщении мы покажем, как можно применить этот Метод в экономической теории. Ниже будет дана интерпретация основных переменных и эволюционных параметров МСП применительно к экономической САС. Решение этой задачи приводит к переформулировке эволюционных уравнений в терминах экономических макропеременных и экономических параметров. Такая переформулировка формально эквивалентна некоторой экономической модели.

Выберем в качестве независимых переменных следующие величины: “потенциал”,  $\Phi$ , “условия реализации”,  $U$  и “реализуемую часть потенциала”,  $\Phi_R$ . Уравнения эволюции МСП в этих переменных имеют следующий вид:

$$\dot{\Phi}_R = a \cdot \Phi_R; \quad (1)$$

$$\dot{\Phi} + d \cdot \Phi = (a + d) \cdot \Phi_R, \quad (2)$$

$$\dot{U} + \Lambda \cdot U = \nu \cdot \Phi_R, \quad (3)$$

Чтобы применить эти уравнения к экономической системе, необходимо связать величины  $\Phi$ ,  $U$  и  $\Phi_R$  с какими-то макроэкономическими переменными, которые характеризуют свойства экономики как единой экономической системы. Такими переменными являются, например, выпуск конечного продукта (output),  $Y$ , запасы основного капитала, (fixed capital),  $K$ , человеческий капитал (human capital) и другие макроэкономические характеристики экономической системы.

Мы исходили из соображений простоты и естественности. Мы рассуждали так. Деятельность экономической системы есть процесс производства. Экономическим показателем, отражающим величину производственной деятельности, является выпуск конечного продукта. А поскольку величина производственной деятельности прямо зависит от реализуемой части экономического потенциала, то приходим к следующему:

**Предположение 1:** *Выпуск конечного продукта можно рассматривать как экономический показатель реализуемой части экономического потенциала.*

$$\Phi_R = Y. \quad (4)$$

Одна и та же величина затрат (costs) позволяет получить большую или меньшую величину выпуска конечного продукта в зависимости от того, насколько оптимально были использованы эти затраты. Мы предполагаем, что для каждой величины затрат существует единственный максимально возможный при данных затратах выпуск конечного продукта. Этот

максимально возможный выпуск характеризует максимальную способность данной экономической системы производить конечный продукт. Отсюда следует:

**Предположение 2:** Максимально возможный при данных затратах выпуск конечного продукта,  $Y_{\max}$ , является экономическим показателем потенциала экономической системы:

$$\Phi = Y_{\max} . \quad (5)$$

Наконец, последнее предположение касается экономической интерпретации термина “условия реализации”.

**Предположение 3:** Величину основного капитала,  $K$ , можно рассматривать как показатель “условий реализации” в экономической системе.

Данное утверждение требует пояснений.

Во-первых, с логической точки зрения запасы основного капитала в стране с капиталистической экономикой являются необходимым условием производительного применения имеющихся в этой стране ресурсов. Так, многие малоразвитые страны, обладая ресурсами, не могут использовать их из-за отсутствия необходимых запасов капитала. Вовлечение в производство любых ресурсов требует определенных капиталовложений. В этом смысле капитал действительно является условием производительного применения этих ресурсов, то есть условием реализации имеющегося экономического потенциала.

Во-вторых, уравнение (3) описывает процесс аккумуляции некоторой величины. Формально это уравнение совпадает с уравнением накопления основного капитала, если отождествить параметр  $\Lambda$  с нормой амортизации, а параметр  $\nu$  - с нормой валовых инвестиций:

$$\dot{K} + \Lambda \cdot K = \nu \cdot Y . \quad (6)$$

В-третьих, статистика свидетельствует, что производительность капитала,  $\frac{Y}{K}$  является достаточно стабильной величиной в течение больших интервалов времени. Например, в экономике США это соотношение практически не менялось с 1909 по 1929 годы, и в среднем было равно  $\approx 0.3$ . Постоянство этого соотношения лежит в основе принципа акселератора современной экономической теории. Это позволяет записать следующее приближенное равенство:

$$\frac{\dot{K}}{K} \approx \frac{\dot{Y}}{Y} = a . \quad (7)$$

Из уравнения (6) следует тогда, что производительность капитала действительно мало меняющаяся величина, которая приближенно равна:

$$\frac{Y}{K} \approx \frac{a + \Lambda}{\nu}. \quad (8)$$

В-четвертых, уравнение аккумуляции основного капитала существенно для любой экономической модели. Но у нас есть лишь три эволюционных уравнения. Поскольку мы отождествили переменные  $\Phi$  и  $\Phi_R$  с  $Y_{\max}$  и  $Y$  соответственно, то остается одно из двух: либо отождествить уравнение аккумуляции основного капитала с уравнением для величины  $U$ , либо рассматривать уравнение накопления капитала как еще одно, дополнительное четвертое эволюционное уравнение. Но это означало бы неоправданное расширение системы эволюционных уравнений.

Наконец, нам не удалось найти какую-либо другую экономическую интерпретацию величины  $U$ . Эту величину, например, нельзя отождествить с трудовым ресурсом страны,  $L$ , поскольку производительность труда в отличие от производительности капитала является постоянно растущей величиной, тогда как при замене  $K \rightarrow L$  в формуле (6) мы должны были бы получить стабильную производительность труда (при условии постоянной нормы роста  $L$ , что подтверждается статистикой).

Исходя из перечисленных выше предположений, эволюционные уравнения МСП приводят к следующей экономической модели:

1. Уравнение роста конечного продукта с постоянным темпом роста:

$$\dot{Y} = a \cdot Y; \quad (9)$$

2. Уравнение накопления основного капитала:

$$\dot{K} + \Lambda \cdot K = \nu \cdot Y \quad (10)$$

3. Уравнение, описывающее процесс приближения конечного продукта к максимально возможному уровню (adjustment procedure):

$$\frac{d[Y_{\max} - Y]}{dt} = -d \cdot [Y_{\max} - Y]. \quad (11)$$

Последнее уравнение есть лишь другая форма записи уравнения (2) с учетом уравнения (9). Уравнения (9) – (11) и есть искомые уравнения экономической модели, которые полностью эквивалентны эволюционным уравнениям МСП.

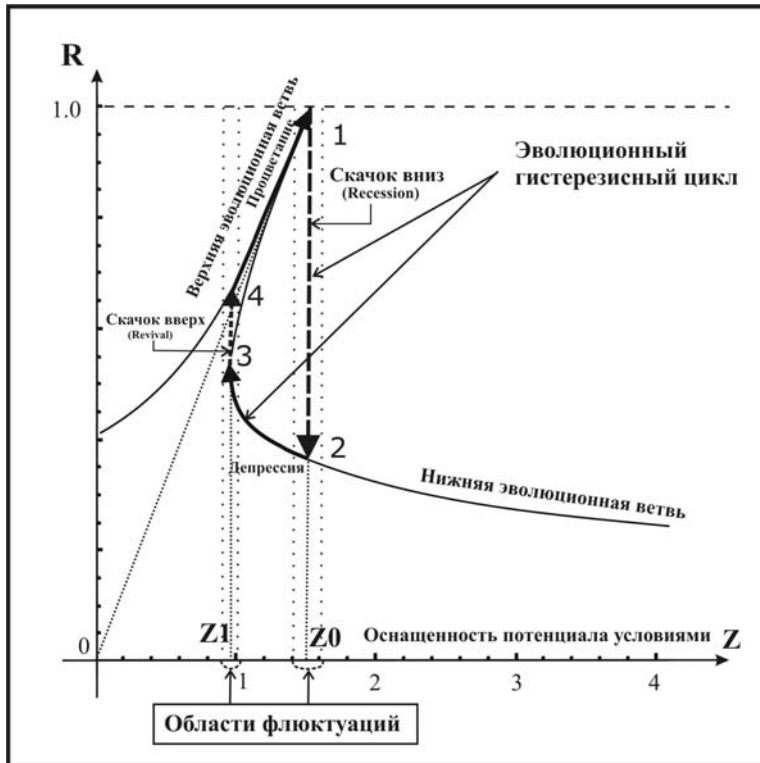
Эволюционные параметры экономической САС имеют смысл:

$\nu$  - норма валовых инвестиций;

$a$  - норма роста конечного продукта;

$\Lambda$  - норма амортизации основного капитала;

$d$  - коэффициент приспособления уровня конечного продукта к уровню максимально возможного при данных затратах уровня выпуска (adjustment coefficient).



**Рис. 2.** Бизнес цикл экономической системы, согласно МСП.

Все свойства динамики решений эволюционных уравнений переносятся на свойства динамики решений экономической модели (9)–(11). В частности при  $\Lambda > d$  имеет место циклическая динамика экономических переменных. Показатель эффективности экономической системы,  $R$ , и оснащённость,  $z$ , экономической САС определяются следующими соотношениями:

$$R = \frac{Y}{Y_{\max}} - \text{эффективность экономической системы}; \quad (12)$$

$$z = \frac{K}{Y_{\max}} - \text{оснащённость экономической системы}. \quad (13)$$

Величина  $R$  является функцией от оснащённости и удовлетворяет обыкновенному дифференциальному уравнению Якоби, которое было рассмотрено в статье [1]:

$$R'_z \cdot [(v - (a + d) \cdot z) \cdot R + (d - \Lambda) \cdot z] - (a + d) \cdot R \cdot (1 - R) = 0. \quad (14)$$

График показателя эффективности имеет форму острого наклоненного гребня, вершина которого является точкой равновесия системы. Однако это - точка неустойчивого равновесия. Вследствие этого система, достигнув гребня, срывается на нижнюю эволюционную ветвь, после чего движется вдоль нижней ветви. Точка  $z_1$  - точка бифуркации. В этой точке система перескакивает на верхнюю эволюционную ветвь, после чего движется по верхней ветви к точке

неустойчивого равновесия,  $z_0$ . Вследствие неустойчивости равновесия в точке  $z_0$ , цикл возобновляется снова и снова.

Циклы, составленные из фаз плавного изменения и катастрофических скачков, как математическую модель бизнес циклов впервые предложил Varian, H. R. [2;3]. Однако в предложенном им модернизированном варианте модели Kaldor' цикл не возобновляется, поскольку точка равновесия соответствует *устойчивому* состоянию системы. Чтобы возник цикл необходимо сильное внешнее воздействие на систему (exogenous shock). Позднее George, D. [4] предложил изменить модель Varian' так, чтобы точка равновесия стала неустойчивой. Циклы с неустойчивой точкой равновесия *формально* совершенно идентичны циклам, которые генерируются в системе, описываемой уравнениями (9)-(11). Однако в остальном, за исключением формального сходства, наша модель резко отличается от этих моделей.

Бизнес цикл нашей модели имеет те же свойства, которые, согласно Mitchell, W. [5], имеет типичный бизнес цикл, и которые были перечислены в статье [1]. Кроме того, он асимметричен, что, согласно Gabish, G. и Lorenz, H.W. [6], также является одним из свойств типичного бизнес цикла.

Отметим, что длительность разных фаз цикла нашей модели зависит от флуктуаций эволюционных параметров и оснащённости системы. Особенно сильно флуктуации сказываются на длительности фазы процветания, которая удлиняется до бесконечности при стремлении флуктуаций к нулю. Таким образом, данный цикл соединяет в себе свойства детерминированного и стохастического процессов, что делает динамику очень сложной и многообразной.

1. **Пушной Г.С., 2004.** *Применение Метода Системного Потенциала к исследованию эволюции экономической системы.* Доклад для интернет-конференции по проблемам эконофизики.
2. **Varian, H.R., 1979.** *Catastrophe Theory and the Business Cycle.* Economic Inquiry, 17, pp.14-28.
3. **Varian, H.R., 1981.** *Dynamical Systems with Application to Economics.* In: Arrow, K.J./ Intriligator, M.D. (eds.): Handbook of Mathematical Economics, v.I, Amsterdam: North Holland; pp. 93-110.
4. **George, D., 1981.** *Equilibrium and Catastrophes in Economics.* Scottish Journal of Political Economy, 28, pp. 43-61.
5. **Mitchell, W. C., 1928,** *Business Cycles. The Problems and Its Setting,* The National Bureau of Economic Research: New York.
6. **Gabish, G. and Lorenz, H. W. 1989.** *Business Cycle Theory. A Survey of Methods and Concepts.* Springer-Verlag, Berlin.