

УДК 330.4

О.Н. Сахарова**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЛИЯНИЯ ИНФОРМАЦИИ КАК
ФАКТОРА ИННОВАЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ЭВОЛЮЦИЮ
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

В работе рассмотрены основные моменты, указывающие на инновацию как фактор развития экономической системы, предложена модель влияния информации как фактора инновационного производства, включающая в себя три основные составляющие: аккумуляцию, поток и генерацию информации, каждая из которых описана на основе существующих в науке динамических моделей. В классическую модель динамической системы введен параметр, учитывающий приток в систему энергии за счет инновационной деятельности и как основополагающего ее фактора – информации. Предложенный подход позволяет учесть изменения в поведении экономической системы при изменении параметра информации и как следствие инновационного производства.

Постиндустриальная трансформация экономического роста приводит к изменению и значительному росту тех отраслей общественного хозяйства, которые связаны с развитием «информационной экономики», обусловленной, в свою очередь, развитием инновационной составляющей производства. Современный научно-технический прогресс немыслим без интеллектуального продукта, получаемого в результате инновационной деятельности, роль которой в современной экономике значительно возросла. Без применения инноваций практически не возможно создать конкурентоспособную продукцию, имеющую высокую степень наукоемкости и новизны. Следовательно, инновации становятся эффективным средством конкурентной борьбы, поскольку стимулируют создание новых потребностей, снижение себестоимости продукции, приток новых инвестиций, повышение рейтинга производителя новых продуктов, что позволяет занять устойчивое место на международном рынке товаров и услуг. Курс национальной экономики, направленный на значительное вложение средств в развитие новаций в производство, приводит к формированию нового подхода в проектировании воспроизводственного процесса, как отдельной отрасли, так и экономической системы в целом [4]. В стадию производства добавляется новая фаза – фаза инновационного проектирования, которая включает в себя ряд мероприятий, основанных на фундаментальных и прикладных исследованиях, которые приводят к разработке качественно нового продукта, способного конкурировать на международном рынке товаров и услуг. Вложения средств в фундаментальные и прикладные исследования позволяют развивать научные кадры в области не только военно-промышленного комплекса, как это было во времена застоя, но формировать потенциал для развития других технологий, стратегически необходимых для создания крупной промышленной державы, экономика которой находится в постоянном развитии. Инновационная составляющая является той движущей силой, которая заставляет развиваться как экономику страны в целом, так и отдельного производства.

Инновация как экономическая категория отражает наиболее общие свойства, признаки, связи и отношения производства и реализации нововведений. Сущность инновации проявляется в ее функциях, которые отражают ее назначение в экономической системе государства и ее роль в хозяйственном процессе. В данном случае целевая функция инновационной деятельности может содержать в себе три

составляющие: воспроизводство, инвестиции и стимулирование. Смысл воспроизводственной составляющей состоит в получении прибыли от инновации и использовании ее в качестве источника финансовых ресурсов. Прибыль, полученная за счет реализации инновации, может использоваться по различным направлениям, в том числе и в качестве капитала, направляющегося на финансирование новых видов инноваций, что обеспечивает инвестиционную составляющую целевой функции инновации. Получение прибыли за счет реализации инновации, внедрения ее в производственный процесс и получение качественного нового продукта, способного конкурировать не только на внутреннем рынке, но и на международном, обеспечивает стимулирующую составляющую целевой функции инновации.

Инновационный процесс как деятельность, направленная на разработку и реализацию результатов научно-технических исследований в виде нового продукта или нового технологического процесса, включает последовательность событий, в ходе которой новшество «вызревает» от идеи до конкретного продукта, технологии или услуги и распространяется в хозяйственной практике [3]. Главным звеном инновационной деятельности являются научно-исследовательские подразделения и учреждения, в которые инновационные идеи реализуются в прикладных научных разработках, основанных на фундаментальных научных исследованиях. На макроуровне фундаментальные научные исследования не могут протекать без привлечения совокупности научных и информационных ресурсов общества. Современное развитие новых информационных технологий, использование телекоммуникационных ресурсов, глобальной сети интернет делает доступным информационный и научный потенциал всего мира, позволяет формировать банки знаний по различным направлениям науки и техники, обеспечивает непрерывность процесса притока и аккумуляцию новой информации.

Исследования, предшествующие процессу воспроизводства нового товара, основаны на накоплении существующей информации, т.е. формализованного и неформализованного знания, воплощенного в интеллектуальном ресурсе человеческого капитала [6]. Следовательно, человеческий капитал становится отдельной рассматриваемой единицей, вовлеченной в формирование производственного процесса на всех его стадиях, в том числе и инновационного процесса. Специалист, обладающий требуемыми компетенциями, в том числе, способностью к накоплению, обработке и воспроизводству информации, полученными с помощью средств новых информационных технологий, становится не просто деталью машины производства, а генератором инновационного развития экономической системы, т.е. генератором инновационных идей, основанных на фундаментальных и прикладных исследованиях. Таким образом, информация становится фактором инновационного производства, обуславливающим развитие экономической системы и появление новых устойчивых состояний. В любой динамической системе ее эволюция является следствием поступления энергии от внешнего источника, который стимулирует изменение ее параметров. В данном случае инновационное производство, которое характеризуется притоком, аккумуляцией и генерацией информации, может выступать в роли источника развития экономической системы «инновационного типа»

Построение модели новой «инновационной экономики», в которой развитие осуществляется путем инновационного производства, основным фактором которой является информация целью данной научной работы. Пусть экономическая система, непрерывно развивающаяся с течением времени, являясь в этом случае динамической системой, может быть задана:

- ◆ Набором переменных x_1, x_2, \dots, x_N , однозначно определяющим состояние системы в некоторый момент времени $t=t_0$.

- ◆ Конкретным законом вида эволюции:

$$\frac{dx_i}{dt} = \dot{x}_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_N), \quad (1)$$

$$i = 1, 2, \dots, N.$$

Тогда, если в модель динамической системы (1) ввести параметр, описывающий приток инновации, то она может быть представлена в векторной форме следующим образом:

$$\frac{dx(t)}{dt} = \dot{x} = F(x, \mu, \vartheta), \quad (4)$$

где $x(t)$ – переменная состояния, F – некоторая функция состояния, характеризующая закон эволюции, μ – параметр системы, ϑ – параметр, характеризующий инновационное производство, инициируемое подкачку информации в систему. Для описания параметра ϑ необходимо определить, каким образом приток информации влияет на эволюцию системы. Ранее было сказано, что информация поступает, аккумулируется и генерируется с помощью человеческого ресурса, следовательно, получим:

- ◆ Количество информации, поступающей в систему, может быть описано с помощью модели Шеннона:

$$H = \sum_{i=1}^n p_i \log_2\left(\frac{1}{p_i}\right), \quad (0 < p_i < 1; \sum_{i=1}^n p_i = 1) \quad (5)$$

где H – символ количества информации, воплощенной в некоторой системе, i – индекс состояний системы, n – число состояний системы, p_i – вероятность состояния i . Фактически данная формула позволяет получить среднюю взвешенную величин H [1].

- ◆ Направленный поток информации может быть представлен как n – мерный поток векторного поля R^n , тогда рассматриваемая динамическая система будет описана системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = f_1(x_1, \dots, x_n, \mu); \\ \dot{x}_2 = f_2(x_1, \dots, x_n, \mu); \\ \dots\dots\dots \\ \dot{x}_n = f_n(x_1, \dots, x_n, \mu), \end{cases} \quad (x_1, x_2, \dots, x_n) \in U \subseteq R^n, \quad (6)$$

где f_1, f_2, \dots, f_n – функции, описывающие модель элементов, дающих свой вклад в поток информации, причем они должны быть гладкими, т.е. непрерывными. Действительно, информационность и инновационность воспроизводства реализуются посредством организационной целостности науки и производства, встроенности инновационного проектирования в воспроизводственный процесс, согласованности за счет обратных связей. В этом случае инновация превращается из дискретного процесса в процесс непрерывный и целенаправленный, воспроизводимый в рамках инновационного воспроизводства, составляющего основу экономики инновационного роста.

При исследовании системы (6) обычно сначала находят неподвижные точки, в которых $f_1(x_1, \dots, x_n, \mu) = f_2(x_1, \dots, x_n, \mu) = \dots = f_n(x_1, \dots, x_n, \mu) = 0$. Линеаризуя в одной из таких точек $(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n)$, получим

$$\begin{pmatrix} \dot{\xi}_1 \\ \dot{\xi}_2 \\ \dots \\ \dot{\xi}_n \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{df_1}{dx_1}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) & \frac{df_1}{dx_2}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) & \dots & \frac{df_1}{dx_n}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) \\ \frac{df_2}{dx_1}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) & \frac{df_2}{dx_2}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) & \dots & \frac{df_2}{dx_n}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{df_n}{dx_1}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) & \frac{df_n}{dx_2}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) & \dots & \frac{df_n}{dx_n}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \dots \\ \xi_n \end{pmatrix} \text{ или } \dot{\xi} = Df(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)\xi \quad (7)$$

Если собственные значения матрицы Якоби $Df(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)$ имеют ненулевые вещественные части, решение линейной системы (7) $\xi(t) = e^{tDf(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)}\xi(0)$ не только определяет локальное асимптотическое поведение, но и описывает, в соответствии с теоремой Хартмана и теоремой об устойчивом многообразии, локальную топологическую структуру фазового портрета [2].

Действительно, функция, описывающая приток информации в систему не может иметь нулевое значение, в противном случае данный источник просто может быть удален как неэффективный. Следовательно, если задать конкретное количество потенциальных источников инновационного производства (здесь информация рассматривается как основополагающий фактор инновационного производства, таким образом, каждый источник, обеспечивающий инновационный рост, является частью общего потока информации), то можно на модели получить топологию информационного потока и оценить вклад каждой составляющей.

Предложенная модель информационного потока, обеспечивающего инновационное производство системы и, как следствие, ее эволюцию, является обобщенной моделью, характеризующей нелинейность притока информации, которая обусловлена, в первую очередь, конечно человеческим фактором. Способности к мыслительной деятельности, креативность восприятия и оценки окружающего мира, инициативность, предприимчивость и многое другое, что обеспечивает инновационную деятельность, не могут быть одинаковыми у всех, а, следовательно, результат будет обусловлен явлением перемешивания, свойственного практически всем нелинейным системам.

♦ Информация как результат мыслительной деятельности может быть описана следующим образом. Пусть группа исследователей L занимаются инновационной деятельностью. Тогда вводится энтропия $S = k \ln L$ системы ученых. Потенциально можно рассмотреть два состояния:

- 1) исследователи контактируют с изучаемой информацией;
- 2) исследователи не контактируют с изучаемой информацией.

Энтропия S системы инновационную деятельность исследователей по первому состоянию, так как именно при осуществлении данного состояния обеспечивается приток в среду ученых из внешней среды информации, т.е. отрицательной энтропии. Если предположить, что группа исследователей L занимается инновационной деятельностью (милованов), информация выражается в некотором количестве (может быть с помощью выше описанной формулой Шеннона или для упрощения в виде количества символов некоторого текста) и некоторая неопределен-

ность знания о продукте инновационной деятельности могут быть облечены в некоторую форму зависимостей, упорядоченных и организованных энтропией. Дальнейшая работа исследователей в области инновационной деятельности состоит в генерировании новой информации на базе некоторого упорядоченного знания и дальнейшем его упорядочивании за счет уменьшения энтропии S системы.

Таким образом, модель инновационной деятельности как воспроизводства информации может быть представлена в виде следующей системы дифференциальных уравнений [5]:

$$\begin{cases} \frac{dH}{dt} = k_1HS - k_2H, \\ \frac{dS}{dt} = -k_3HS + k_4S^2 + k_5S + k_6H, \end{cases} \quad (8)$$

где $H(t)$ – информация, находящаяся в распоряжении исследователей, $S(t)$ – степень неопределенности знания, степень неорганизованности знаний – энтропия системы исследователей L , занимающихся инновационной деятельностью. В системе (8) k_1H показывает, что при данной информации об объекте инновационной деятельности и данной степени неорганизованности знания S возникает новая прибавочная информация; k_2H указывает, что информация H стареет, оказывается ненужной, является неправильной. Второе уравнение системы (8) дает баланс энтропии: k_3HS показывает, что энтропия понижается лишь в единственном случае, когда исследователи, обладающие определенной степенью неупорядоченности знания, взаимодействуют с информацией H ; k_4S^2 дает увеличение энтропии в случае, если ученые расходуют время на непроизводительные контакты между собой; k_5S означает, что в результате всевозможных «простоев» энтропия только увеличивается; k_6H дает увеличение энтропии из-за того, что информация стареет и забывается.

Продолжая моделирование инновационной деятельности можно получить, оказывается, что в системе существует устойчивый предельный цикл и устойчивый фокус без предельного цикла. Наличие в системе устойчивого предельного цикла говорит о том, что инновационная деятельность носит периодический характер, т.е. поставленная задача не решена, исследователи периодически возвращаются и интенсивно размышляют. Но, так как предельный цикл вырабатывает периодические колебания за бесконечное время, то деятельность по созданию новаций окажется неуспешной, и система посредством бифуркации перейдет в иное состояние – устойчивый фокус. В данном случае, переход в устойчивый фокус может быть обусловлен либо получением результата инновационной деятельности, либо распадом группы и формированием новой.

Таким образом, если представить информацию как фактор инновационного производства, содержащую в себе функцию трех составляющих:

- ◆ количество информации;
- ◆ поток информации;
- ◆ генерация информации;

то модель процесса влияния информации как фактора инновационного производства на эволюцию экономической системы может быть описана следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx(t)}{dt} = \dot{x} = F(x, \mu, \vartheta); \\ H = \sum_{i=1}^n p_i \log_2 \left(\frac{1}{p_i} \right); \\ \vartheta = \left\{ \begin{array}{l} \dot{x}_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_n, \mu), (x_1, x_2, \dots, x_n) \in U \subseteq R^n; \\ \frac{dH}{dt} = k_1 HS - k_2 H; \\ \frac{dS}{dt} = -k_3 HS + k_4 S^2 + k_5 S + k_6 H. \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (9)$$

Предложенная модель является достаточно укрупненной, поскольку учитывает лишь три основополагающие составные части информации как факторы инновационного роста экономической системы с учетом синергий этих составляющих. Но даже столь приближенный подход позволяет сделать вывод о сложности и многогранности процесса создания инновации. В представленную модель может быть также включена и целевая функция каждой составляющей, что приведет к усложнению процесса описания моделирования влияния информации на эволюцию экономической системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вальтух К.К. Информационная теория стоимости и законы неравновесной экономики. – М.: Изд-во «Янус-К», 2001.
2. Гуженхеймер Дж., Холмс Ф. Нелинейные колебания, динамические системы и бифуркации векторных полей. – М., Ижевск: Изд-во ИКИ, 2002.
3. <http://www.dist-cons.ru/modules/innova>.
4. Концепция научной, научно-технической и инновационной политики в системе образования Российской Федерации на 2001-2005 гг. Утв. приказом Минобразования РФ от 6 июня 2000 г. № 1705.
5. Милованов В.П. Неравновесные социально-экономические системы: синергетика и самоорганизация. – М.: Эдиториал УРСС, 2001.
6. Олейникова И.Н. Воспроизводственный процесс в системе региональной экономики: инновационная составляющая и механизм управления (структурный аспект). – Ростов-на-Дону: Терра, 2004.

УДК 621.39

А.М. Недужко, Е.Ю. Косенко

СТРУКТУРИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Разработка распределенных информационно-управляющих систем (ИУС) всегда связаны с выполнением комплекса научно-исследовательских, проектных, инженерно-технических и организационных работ. Внедрение распределенных ИУС позволяет совершенствовать методы управления предприятием или организацией на основе внедрения вычислительной техники и современных пакетов при-