

УДК 336.6

**И.А. Рудская**

## **ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ПРОГРАММНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ РЕГИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ\***

**I.A. Rudskaja**

### **FORMATION MECHANISMS OF PROGRAM INTERACTION PARTICIPANTS REGIONAL INNOVATION SYSTEM**

---

Рассматриваются и анализируются структура и элементы региональной инновационной системы, а также ее участники. Дано определение понятия «сложная динамическая система» как система с высокой степенью противоречий между отдельными предприятиями, между предприятиями и инвесторами, между предприятиями, инвесторами и органами исполнительной власти, осуществляющими управление инновационной деятельностью в регионе.

Представлены методические подходы к формированию механизмов управления, способствующих развитию эффективных региональных инновационных систем.

РЕГИОН. СЛОЖНАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА. ИННОВАЦИЯ. МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ.

In the article discusses and analyzes the structure and elements of regional innovation system and its participants. Given the definition of a complex dynamic system as a system with a high degree of conflict between individual enterprises, between enterprises and investors, between companies, investors and executive power in charge of management of innovative activity in the region.

The methodical approach to formation control mechanisms contributing to the development of efficient regional innovation systems.

REGION. COMPLEX DYNAMIC SYSTEMS. INNOVATION. INTERACTION MECHANISM.

---

Перед экономикой Российской Федерации, отличающейся своей многоукладностью, а также неравномерностью регионального развития, сегодня стоит задача обеспечения национальной конкурентоспособности.

Очевидно, что проблемы, накопленные в экономике российских регионов за весь исторический путь их развития, привели к неравномерности развития, существенным разрывам в уровне жизни разных слоев населения и, как следствие, возникновению структурных дисбалансов во всех сферах экономической и социальной активности. Возможно ли выравнивание российских регионов по темпам экономического роста?

Является ли эффективной государственная политика, направленная на бюджетную поддержку одних регионов за счет других? Очевидно, что в настоящее время происходит смена приоритетов государственной региональной политики. При этом поддержка региональных программ и проектов в большей степени становится целевой. В этих условиях важно предусмотреть меры, направленные на обеспечение внутренней и внешней конкурентоспособности региональных социально-экономических систем.

В связи с этим поиск эффективных путей управляемого развития и взаимодействия участников региональной инновационной системы,

---

\* Статья подготовлена при поддержке Российского гуманитарного научного фонда (грант № 12-02-00247).

обеспечивающий их динамическое взаимодействие в целях повышения уровня инновационности региона, крайне актуален.

Анализ структуры и элементов региональной инновационной системы позволяет определить ее как сложную динамическую систему с высокой степенью противоречий между отдельными предприятиями, между предприятиями и инвесторами, между предприятиями, инвесторами и органами исполнительной власти, осуществляющими управление инновационной деятельностью в регионе.

Следовательно, перспективы повышения инновационного потенциала региона зависят как от внешних управляющих воздействий (государственного регулирования), так и от характера взаимодействия элементов региональной инновационной системы. Это взаимодействие, его характер, определяет, в конечном итоге, вариант развития региональной инновационной системы и пути повышения уровня инновационности региона.

Особенности функционирования сложных экономических систем, к которым относится региональная инновационная система, показывают, что в целях сохранения системной устойчивости необходимо обеспечить взаимодействие ее участников. Функции координации инновационных программ предприятий и организаций инфраструктуры должны брать на себя органы исполнительной власти региона, поскольку они являются основными распорядителями бюджетов. В кризисных условиях необходимы согласованные мероприятия по стимулированию инновационной активности, обеспеченности участников инновационных процессов в регионе финансовыми ресурсами, что требует значительных управляющих воздействий со стороны органов исполнительной власти.

Основным методом реализации региональной инновационной политики является программно-целевое планирование. Финансирование мероприятий осуществляется на основе региональных инновационных программ.

С одной стороны, справедливо полагать, что необходимый вклад в выполнение указанных программ должны производить как сами предприятия, так и органы исполнительной власти региона. С другой стороны, решаемые частные задачи, а следовательно, индивидуальные инте-

рессы конкурирующих участников региональной инновационной системы и региональных органов управления различны. Возникает потребность формирования особых экономических отношений, согласовывающих эти интересы; актуальность таких отношений неоднократно подчеркивалась в материалах исследований и программных документах.

Пусть в целом, в соответствии с решаемыми задачами имеется множество вариантов выполнения региональных инновационных программ (ВВРИП):  $P = \{p_i; i = 1, \dots, I\}$ . Интересы представителей органов управления региона и хозяйствующих субъектов в реализации той или иной программы различны.

Эти участники региональной инновационной системы  $\Pi = \{\pi_j; j = 1, \dots, J\}$  проявляют свои интересы, в конечном итоге, через финансовые ресурсы, которые инвестируют в реализацию программы. Затраты на выполнение каждого из возможных (обсуждаемых) ВВРИП составляют  $S_i; i = 1, \dots, I$ .

Каждый субъект в пределах выделенных финансовых средств  $b_j$  может инвестировать сумму средств  $C_{ij}$  в реализацию интересующего его  $i$ -го ВВРИП.

Разумеется, что выбор вариантов происходит в условиях ограниченных средств  $R$  на реализацию всех вариантов.

Необходимо определить такой вариант выполнения региональной инновационной программы, который наиболее полно учитывал бы интересы всех сторон.

Для формализованной постановки задачи введем качественные переменные:

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{если } i\text{-й ВВРИП включен в состав} \\ & \text{обсуждаемых вариантов;} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Рассмотрим интересы различных сторон:

$$\text{пусть } y_i = \begin{cases} 1 & \text{если } S_i x_i - \sum_j C_{ij} \cdot x_i \leq 0; \\ 0 & \text{если } S_i x_i - \sum_j C_{ij} \cdot x_i > 0, \end{cases}$$

то есть  $y_i = 1$  указывает на обеспеченность  $i$ -го варианта средствами и, наоборот,  $y_i = 0$  свидетельствует о дефиците средств для реализации  $i$ -го ВВРИП.

Очевидно, что суммарный дефицит по всем вариантам, выбранным для обсуждения, составит

$$f(x_i) = \sum_i S_i \cdot x_i - \sum_j C_{ij} \cdot x_i,$$

при условии, что

$$\zeta_i = S_i \cdot x_i - \sum_j C_{ij} \cdot x_i > 0.$$

Тогда  $f(x_i) = \sum_i \zeta_i \cdot x_i$  – функция дефицита средств (1), а  $y_i$  – функция обеспеченности вариантов финансовыми средствами (2).

Критерии (1) и (2) являются согласованными и в полной мере представляют интересы ОИВ в смысле:

$$\max \sum_i Y_i \text{ и } \min \sum_i \zeta_i \cdot x_i. \quad (3)$$

Введем матрицу участия отдельных сторон, в лице органов управления регионом и предприятий строительного комплекса, в финансировании реализации вариантов следующим образом:

$$A = \parallel a_{ij} \parallel, \quad i = 1, \dots, I, \quad j = 1, \dots, J,$$

где  $a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{если } j\text{-я сторона участвует} \\ & \text{в финансировании } i\text{-го варианта;} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$

Ясно, что  $a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{если } C_{ij} > 0; \\ 0 & \text{если } C_{ij} = 0. \end{cases}$

Тогда функция

$$\vartheta_j = \sum_i a_{ij} \cdot y_i \quad (4)$$

определяет количество вариантов, обеспеченных финансированием  $j$ -й стороны, т. е. выражает «выигрыш» каждой стороны. Последняя, вкладывая финансовые средства, стремится обеспечить

$$\max \sum_i a_{ij} \cdot y_i. \quad (5)$$

Как видим из сравнения (3) и (5), целевые функции согласованы, т. е. интересы органов власти региона согласованы с интересами каждой стороны.

Дальнейшее усиление функции (5) состоит в обеспечении

$$\max_j \sum_j \max_i \sum_i a_{ij} \cdot y_i,$$

что выгодно как для каждой стороны, так и для федеральных органов исполнительной власти.

Поэтому задачу выбора ВВСП можно сформулировать следующим образом:

$$\sum_i \zeta_i \cdot x_i \rightarrow \min \quad (6)$$

при ограничениях:

1) на финансовые средства каждой стороны:

$$\sum_j C_{ij} \cdot x_i \leq b_j; \quad (7)$$

2) на централизованные средства для реализации всех вариантов выполнения совместных программ, намеченных для обсуждения:

$$\sum_i \sum_j C_{ij} \cdot x_i \leq R. \quad (8)$$

При постановке задачи (6)–(8) подразумевалось, что рассматриваемые варианты одинаковы по приоритету. При наличии средств для реализации вариантов  $B_o$  федеральные органы исполнительной власти могут участвовать как представители  $П_o$ , наделенные одинаковыми правами с другими представителями сторон  $П_j, j = 1, \dots, J$ .

Вместе с тем у федеральных органов могут быть приоритетные варианты, реализация которых необходима в масштабе не отдельного региона, а всей страны. В этом случае федеральные органы исполнительной власти, используя средства федерального бюджета, либо инвестиционных внебюджетных фондов (институтов развития)  $B_o$ , могут улучшить полученное решение путем финансирования, в пределах  $B_o$ , приоритетных вариантов.

Очевидно, что федеральные органы заинтересованы в том, чтобы обеспечить максимальное количество вариантов в наборе с целью охватить как можно большее число мероприятий, предусматривающих привлечение отдельных предприятий. Они также заинтересованы в минимизации функции дефицита средств, так как в условиях их ограниченности сумма целевой дотации

федеральных органов должна быть минимальной для эффективного покрытия дефицита.

Частные интересы отдельных сторон выражаются в увеличении числа вариантов, в которые они вложили средства, и в их полном финансовом обеспечении.

Таким образом, можно сформулировать многокритериальную задачу, которая учитывает интересы всех сторон:

$$\sum_i x_i \rightarrow \max, \quad (9)$$

$$\sum_i \zeta_i \cdot x_i \rightarrow \min, \quad (10)$$

$$\sum_i y_i \rightarrow \max \quad (11)$$

при ограничениях (7), (8).

Анализ структуры и особенностей задачи (6)–(11) показывает целесообразность использования для ее решения подхода, который применительно к рассматриваемой ситуации может быть представлен в виде следующей последовательности шагов.

1. Определяется перечень исходных данных:

$$C = \| \| C_{ij} \| \|, \quad i = 1, \dots, I, \quad j = 1, \dots, J, \quad S_i, \quad b_i.$$

2. Определяется множество вариантов  $P$ , которое разбивается на подмножества:

$$P^1 = \{P_i; \zeta_i \leq 0\} \text{ и } P^2 = \{P_i; \zeta_i > 0\}. \quad (12)$$

3. Если  $P^1 = 0$ , то осуществляется переход к шагу 7.

4. Для всех элементов  $P_i \in P^1$  присваиваются  $x_i = 1$ . Вычисляется значение

$$\sum_i y_i \text{ по } \forall P_i \in P^1.$$

5. Проверяется ограничение (13). Если оно удовлетворяется, то осуществляется переход к шагу 7.

6. В множестве  $P^1$  со значением  $\min_i S_i$  последовательно исключаются планы из множества  $P^1$  до тех пор, пока не будет выполнено условие

$$R - \sum_{P_i \in P^1} \min_i S_i \leq 0. \quad (13)$$

Осуществляется переход к шагу 8.

7. Элементы множества  $P^2$  располагаются в порядке возрастания значений  $\zeta_i$ . Присваивается  $x_i = 1$  первому элементу множества  $P^2$ . Проверяется ограничение (16). Если оно удовлетворено, присваивается  $x_i = 1$  очередному элементу. В противном случае осуществляется переход к шагу 8.

8. Определяется решение задачи  $X = \{x_i; x_i = 1\}$ , значения функций

$$\sum_i y_i \text{ и } \sum_i \zeta_i \cdot x_i.$$

Следует отметить, что выполнение ограничения (13) контролируется самими представителями сторон в их же интересах и поэтому предполагается его постоянное исполнение.

При решении задачи (6)–(11) анализ показывает, что всегда можно определить значение (13). Решение задачи в этом случае составят те варианты  $P^1 = \{P_i; \zeta_i \leq 0\}$ , которые финансируются. В пределах множества  $P^1$  значения функций (9) и (11) совпадают.

Функция (10) имеет свое минимальное значение, равное нулю.

Если при этом ограничение (9) удовлетворено, то очевидно, что можно улучшить значение функции (11) за счет ухудшения значений функции (13) и наоборот. Значение функции (14) остается постоянным. Таким образом, решение задачи будет основано на компромиссе между значениями функций (11) и (13), а также ограничением вида (9). Следовательно, для поиска рационального решения задачи (6)–(11) может использоваться приведенный алгоритм.

В указанных постановках считалось, что величины вкладываемых средств  $c_{ij}$  фиксированы, т. е. заранее известно, какую долю каждая сторона вкладывает в интересующие ее варианты выполнения региональных инновационных программ.

Рассмотрим постановку и решение задачи в условиях, когда размеры вкладываемых средств могут варьироваться с тем, чтобы прийти к взаимоприемлемому решению, с которым согласны все, либо значительное большинство, т. е. к консенсусу. Предположим, что при тех же исходных данных для улучшения финансирования ВВРИП представители участвующих сторон

и федеральные органы исполнительной власти могут менять величину затрат в пределах выделенных средств по интересующим их финансовым планам (матрица  $A$ ).

Таким образом, необходимо распределить бюджетные средства, находящиеся в распоряжении федеральных ОИВ, и финансовые средства сторон по вариантам и объединить последние в единую систему, чтобы обеспечить финансированием как можно больше частных ВВСП, интересующих каждую сторону (выигрыш стороны) и в целом центральные органы.

Введем для этого следующие переменные:

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{если } i\text{-й ВВРИП включен в состав} \\ & \text{обсуждаемых вариантов,} \\ 0 & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$Z_{ij}$  – величина средств  $j$ -й стороны, выделенная для реализации  $i$ -го варианта.

Тогда  $i$ -й вариант будет обеспечен финансированием при выполнении условия

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{если } S_i \cdot x_i - \sum_j Z_{ij} \cdot x_i \leq 0, \\ 0 & \text{если } S_i \cdot x_i - \sum_j Z_{ij} \cdot x_i > 0. \end{cases}$$

При этом каждая сторона заинтересована в увеличении своего выигрыша:

$$\sum_i a_{ij} \cdot y_i.$$

Задача может быть сформулирована следующим образом:

$$\max_j \sum_j \max_i \sum_i a_{ij} \cdot y_i \quad (14)$$

при ограничениях на общие финансовые средства сторон:

$$\sum_i a_{ij} \cdot Z_{ij} \cdot x_i \leq b_j. \quad (15)$$

Целевая функция направлена на максимизацию выигрыша каждой стороны и выигрыш всех сторон вместе. При этом стратегия каждой стороны по финансированию планов должна быть «дозированной», т. е. она намерена финансировать все ВВРИП, в которых заинтересована,

вкладывая имеющиеся средства по частям. Поэтому прежде всего каждая сторона стремится обеспечить ресурсами интересующие ее варианты без приоритетов в равных долях согласно выражению

$$Z_{ij} = \left\lfloor \frac{b_j}{\sum_i a_{ij}} \right\rfloor, \quad (16)$$

что подразумевает округление полученной величины до целого числа в сторону увеличения.

Числа

$$\left[ \frac{S_i}{\sum_j a_{ij}} \right] u \left[ \frac{S_i}{\sum_j a_{ij}} \right] \quad (17)$$

соответствуют минимальным и максимальным величинам для финансирования  $i$ -го ВВРИП, т. е. определяют границы значений  $Z_{ij}$ .

Так, для первого варианта должно быть удовлетворено условие

$$\sum_j Z_{ij} \geq 0. \quad (18)$$

Если оно выполнено, то значения  $Z_{ij}$  являются вычисленными, в противном случае – увеличиваются до максимальных. После установления значений  $Z_{ij}$  вариант  $P_1$  включается в общий (т. е.  $x_1 = 1$ ) и для каждой стороны пересчитываются значения

$$\Delta_j^{*T} = \sum_i a_{ij} - 1, \quad b_j^T = b_j - Z_{ij}, \quad (19)$$

где  $\Delta_j^{*T}$  и  $b_j^T$  – текущие значения в процессе работы алгоритма.

Затем выбирается следующий вариант и операции (18), (19) повторяются. Условием окончания работы алгоритма будет

$$b_j = 0 \quad \text{для } \forall j = 1, \dots, J. \quad (20)$$

Для решения задачи (16)–(20), таким образом, применим следующий алгоритм.

1. Определяется перечень исходных данных:

$$A = \|a_{ij}\|, \quad i = 1, \dots, I, \quad j = 1, \dots, J, \quad b_j.$$

2. Множество вариантов  $P$  в матрице  $A$  упорядочивается по убывающим значениям  $\Delta_i$ .

3. Множество сторон  $\Pi$  в матрице  $A$  упорядочивается по убывающим значениям  $\Delta_j^*$ .

4. Выбирается  $i$ -й ВВРИП из упорядоченного множества  $P$ . По формуле (19) вычисляются значения  $Z_{ij}$  для  $i$ -го варианта.

5. Для рассматриваемого  $i$ -го ВВРИП рассчитываются текущие значения  $\Delta_j^{*T}$  и  $b_j^T$ . Проверяется условие  $b_j = 0$ . Если оно не удовлетворено – возврат к шагу 4.

Таким образом, можно сделать вывод, что предложенный механизм программного взаимодействия выполняет многокритериальную задачу, учитывая различные интересы всех участников региональной инновационной системы при реализации той или иной программы. Предложенный механизм позволяет сделать выбор варианта реализации региональных инновационных программ на основе формирования

совокупной цели сторон. Целевая функция механизма направлена на максимизацию выигрыша каждой стороны и выигрыш всех сторон вместе.

Также хотелось бы отметить, что при использовании предложенного механизма программного взаимодействия участников региональной инновационной системы возникает возможность учитывать размер вкладываемых средств в реализацию региональных инновационных программ для каждого субъекта региональной инновационной системы. Данное условие является неоспоримым достоинством предложенного механизма и позволяет прийти к взаимоприемлемому решению, с которым согласны все, либо значительное большинство – консенсусу участников региональной инновационной системы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Leverage innovation capability: application of total innovation management in China's SME study [Text] / Xu Quingrui et. al. // World Scientific Publishing, 2012.

2. Математическая энциклопедия [Текст]. М.: Сов. энциклопедия, 1985.

3. **Расстригин, Л.А.** Современные принципы управления сложными объектами [Текст] / Л.А. Расстригин. М.: Сов. радио, 1980.

4. **Расстригин, Л.А.** Введение в идентификацию объектов управления [Текст] / Л.А. Расстригин, Н.Е. Моджаров. М.: Энергия, 1987.

5. **Бельков, В.Н.** Автоматизированное проектирование технических систем [Текст] : учеб. пособие / В.Н. Бельков, В.Л. Ланшаков. М.: Академия естествознания, 2009.

6. **Ройзман, И.** Сложившаяся и перспективная инвестиционная привлекательность крупнейших отраслей отечественной промышленности [Текст] / И. Ройз-

ман, Н. Гришина // Инвестиции в России. 1998. № 1.

7. Инвестиционная привлекательность и стоимость недвижимости [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.justikon.ru/mall/investicionnaya\\_privlekatel\\_nost.php](http://www.justikon.ru/mall/investicionnaya_privlekatel_nost.php)

8. **Крюкова Н.Ю.** Как помочь внедрению новшеств [Текст] / Н.Ю. Крюкова, Н.В. Перегоедова // ЭКО: Экономика и организация промышленного производства. 1995. № 3. С. 213–218.

9. **Roberts, E.** Management of Research, Development and Technology-Based Innovation [Text] / E. Roberts. MIT, 1999.

10. **Lundvall, B.-A.** Innovation as an interactive process: user – producer relation [Text] / B.-A. Lundvall // Technical Change and Economic Theory / Dosi G. et al (eds). London: Pinter, 1998. P. 349–396.

11. **Дандон, Э.** Инновации. Как определять тенденции и извлекать выгоду [Текст] / Э. Дандон. М.: Вершина, 2006.

## REFERENCE

1. Leverage innovation capability: application of total innovation management in China's SME study. Xu Quingrui et. al. *World Scientific Publishing*, 2012.

2. *Matematicheskaja entsiklopediia*. M.: Sov. entsiklopediia, 1985. (rus)

3. **Rasstrigin L.A.** *Sovremennye printsipy upravleniia slozhnymi ob"ektami*. M.: Sov. radio, 1980. (rus)

4. **Rasstrigin L.A., Modzharov N.E.** *Vvedenie v identifikatsiiu ob"ektov upravleniia*. M.: Energiia, 1987. (rus)

5. **Bel'kov V.N., Lanshakov V.L.** *Avtomatizirovanoe proektirovanie tekhnicheskikh sistem: ucheb. posobie*. M.: Akademiia estestvoznaniia, 2009. (rus)

6. **Roizman I., Grishina N.** *Slozhivshaiasia i perspektivnaia investitsionnaia privlekatel'nost' krupneishikh*



otraslei otechestvennoi promyshlennosti. *Investitsii v Rossii*. 1998. № 1. (rus)

7. Investitsionnaia privlekatel'nost' i stoimost' nedvizhimosti. URL: [http://www.justikon.ru/mall/investicionnaya\\_privlekatelnost.php](http://www.justikon.ru/mall/investicionnaya_privlekatelnost.php) (rus)

8. **Kriukova N.Iu., Peregoedova N.V.** Как помочь vnedreniiu novshestv. *EKO: Ekonomika i organizatsiia promyshlennogo proizvodstva*. 1995. № 3. S. 213–218. (rus)

9. **Roberts E.** Management of Research, Development and Technology-Based Innovation. MIT, 1999.

10. **Lundvall B.-A.** Innovation as an interactive process: user – producer relation. *Technical Change and Economic Theory*. Dosi G. et al (eds). London, Pinter, 1998, pp. 349–396.

11. **Dandon E.** Innovatsii. Как opredeliat' tendentsii i izvlekat' vygodu. M.: Vershina, 2006. (rus)

---

**РУДСКАЯ Ирина Андреевна** – доцент кафедры «Финансы и денежное обращение» Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, кандидат экономических наук.

195251, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: [iarudskaya@mail.ru](mailto:iarudskaya@mail.ru)

**RUDSKAIA Irina A.** – St. Petersburg State Polytechnical University.

195251, Politekhnikeskaya str. 29. St. Petersburg. Russia. E-mail: [iarudskaya@mail.ru](mailto:iarudskaya@mail.ru)

---