

УДК 519.876.2

И.В. Чумаченко, В.А. Витюк

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков*

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ФИНАНСОВЫХ ЗАТРАТ

*Рассматривается научно-прикладная задача анализа эффективности организационного управления инновационными разработками, направленными на обеспечение конкурентоспособности объекта производства в условиях неопределенности финансовых затрат. Разработаны стохастические модели распределения ресурсов с позиции жесткой централизации, открытого и согласованного управления финансовыми затратами, которые рассматриваются как случайные величины подчиненные закону бета-распределения. Показано, что использование согласованного формирования управленческих решений при финансировании инновационных разработок в условиях неопределенности затрат позволяет экономить до 8% суммарных объемов инвестиций по сравнению с жесткой централизацией управления, а принцип открытого управления не имеет никаких преимуществ.*

**Ключевые слова:** инвестиции, инновационная деятельность, конкурентоспособность, организационное управление, стохастические модели, финансовые затраты.

### Введение

Одним из факторов обеспечения конкурентоспособности объектов производства является инновационная деятельность, требующая для своего осуществления определенных инвестиций. В связи с чем возникает научно-прикладная задача формирования эффективных управленческих решений при инвестировании инновационной деятельности в условиях неопределенности финансовых затрат.

Инновационная деятельность может рассматриваться как распределенная система научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок, каждая из которых направлена на улучшение конкретного показателя потребительских свойств объекта производства, выполняется отдельным центром деятельности и финансируется единым центром ответственности. В условиях отсутствия информированности финансирующего центра о возможностях и потребностях центров деятельности распределение ресурсов для осуществления инновационных разработок рассматривается не как однократное действие, а как многоэтапный процесс, в котором пошаговые затраты финансовых средств являются случайными величинами. Для уменьшения информационной неопределенности в задачах планирования деятельности распределенных систем используются организационные принципы децентрализации формирования управленческих решений [1], так как непосредственные исполнители всегда больше осведомлены о своих возможностях и потребностях, чем управляющие органы. Рассмотрению подобных задач посвящены работы многих авторов, в которых вопросы эффективности организационного управления ресурсами связывались с де-

централизацией принятия решений и исследовались на основе использования статических моделей в детерминированной постановке, а влияние степени информационной неопределенности при этом оценивалось только на качественном уровне.

Необходимость анализа эффективности дискретных процессов инвестирования инновационной деятельности в условиях неопределенности финансовых затрат обуславливает актуальность разработок стохастических моделей организационного управления, позволяющих получать количественные оценки объемов инвестиций гарантирующих достижение запланированных результатов инноваций.

**Целью данной статьи** является разработка вероятностных моделей, позволяющих проанализировать эффективность организационного управления дискретными процессами инвестирования инновационной деятельности в условиях неопределенности финансовых затрат.

### Основная часть

Рассматривается инновационная деятельность заключающаяся в модернизации реального объекта производства с целью обеспечения его конкурентоспособности. Обеспечение конкурентоспособности объекта производства моделируется многошаговым процессом, на каждом этапе  $t \in \{1, T\}$  которого задается требуемое повышение конкурентоспособности изделия  $\Delta K_t = [0.10; 0.11; 0.13; 0.16; 0.20; 0.25]$ . Улучшению подвергаются три равноправных с точки зрения их приоритетности (весомости) показателя тактико-технических характеристик объекта производства. На основе статистических данных получены функции

$$\begin{aligned}\Delta U_{1t} &= 0.01097F_{1t}^{0.22}L_{1t}^{0.32}; \\ \Delta U_{2t} &= 0.00857F_{2t}^{0.19}L_{2t}^{0.35}; \\ \Delta U_{3t} &= 0.00771F_{3t}^{0.27}L_{3t}^{0.33},\end{aligned}$$

отображающие в каждый момент времени  $t \in \overline{\{1, T\}}$  на уровне максимально агрегированной информации зависимость относительных улучшений  $\Delta U_{it}, i=1, 2, 3$  показателей тактико-технических характеристик от величины используемых производственных ресурсов (основных фондов  $F_{it}$  и трудозатрат  $L_{it}$ ), которые в свою очередь определяются объемами финансирования – капиталовложениями  $\omega_{1it}$  и оборотными средствами  $\omega_{2it}$

$$F_{it} = R_{it} + \omega_{2it}; L_{it} = \mu_i \omega_{2it}; i=1, 2, 3,$$

где  $R_{it}$  – исходная величина основных производственных фондов  $i$ -го центра деятельности в момент времени  $t \in \overline{\{1, T\}}$ ;  $\mu_i$  – коэффициент пропорциональности.

Предполагается, что амортизация основных фондов составляет 10% от их первоначальной стоимости  $R_{it} = 0.9F_{i(t-1)}$ , а оборотные средства равны трудозатратам  $L_{it} = \omega_{2it}$ .

Полученные формальные зависимости (8) позволяют определить матожидания финансовых затрат центров деятельности при различных принципах организационного управления (ЖЦ), (ОУ), (СУ) ресурсами инновационных разработок.

Формирование управленческих решений с позиции интересов финансирующего центра ответственности в каждый момент времени  $t \in \overline{\{1, T\}}$  сводится к решению следующего трансцендентного уравнения [2]

$$3.3614y_t^{0.54} + 2.0266y_t^{0.54} + 1.5195y_t^{0.69} = 10^3 \Delta K,$$

действительный корень которого  $y_t^* > 0$  определяет распределение производственных ресурсов при жестко централизованном управлении финансовыми средствами

$$\begin{aligned}F_{1t}^* &= 0.68750y_t^*; F_{2t}^* = 0.35314y_t^*; \\ F_{3t}^* &= 0.39271y_t^{*1.15}; \\ L_{1t}^* &= y_t^*; L_{2t}^* = 0.65063y_t^*; \\ L_{3t}^* &= 0.47998y_t^{*1.15}.\end{aligned}\tag{1}$$

Формирование управленческих решений с позиции интересов финансируемых центров деятельности  $i \in 1, 2, 3$  в каждый момент времени  $t \in \overline{\{1, T\}}$  сводится к решению следующей системы алгебраических и трансцендентного уравнений относительно переменных  $y_{it} > 0$  при заданных параметрах

$$c_{it} = y_{i(t-1)}^*, i=1, 2, 3 [3]:$$

$$\begin{aligned}1) & 0.0469y_{1t}^2y_{2t} + 0.0175c_{2t}y_{1t}^2 - \\ & - 0.0344c_{1t}y_{1t}y_{2t} - 0.0128c_{1t}c_{2t}y_{1t} + \\ & + 0.0063c_{1t}^2y_{2t} + 0.0023c_{1t}^2c_{2t} - \\ & - 0.0429y_{1t}y_{2t}^2 - 0.0185c_{1t}y_{2t}^2 + \\ & + 0.0272c_{2t}y_{1t}y_{2t} + 0.0117c_{1t}c_{2t}y_{2t} - \\ & - 0.0043c_{2t}^2y_{1t} - 0.0019c_{1t}c_{2t}^2 = 0;\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2) & 0.0385y_{1t}^2y_{3t} + 0.0243c_{3t}y_{2t}^2 - \\ & - 0.0282c_{1t}y_{1t}y_{3t} - 0.0172c_{1t}c_{2t}y_{1t} + \\ & + 0.0052c_{1t}^2y_{3t} + 0.0031c_{1t}^2c_{3t} - \\ & - 0.0530y_{1t}y_{3t}^2 - 0.0228c_{1t}y_{3t}^2 + \\ & + 0.0429c_{3t}y_{1t}y_{3t} + 0.0185c_{1t}c_{2t}y_{3t} - \\ & - 0.0087c_{3t}^2y_{1t} - 0.0038c_{1t}c_{3t}^2 = 0;\end{aligned}$$

$$3) 3.3614y_{1t}^{0.54} + 2.5376y_{2t}^{0.54} + 2.4344y_{3t}^{0.60} - 10^3 \Delta K_t = 0.$$

Полученные решения  $y_{it}^* > 0, i=1, 2, 3; \forall t \in \overline{\{1, T\}}$  определяют распределение производственных ресурсов при открытом управлении финансовыми средствами центров деятельности

$$\begin{aligned}F_{1t}^* &= 0.6875y_{1t}^*; F_{2t}^* = 0.5429y_{2t}^*; F_{3t}^* = 0.8182y_{3t}^*; \\ L_{1t}^* &= y_{1t}^*; L_{2t}^* = y_{2t}^*; L_{3t}^* = y_{3t}^*.\end{aligned}\tag{2}$$

Формирование управленческих решений с позиции интересов как финансирующего центра ответственности так и финансируемых центров деятельности  $i \in 1, 2, 3$  в каждый момент времени  $t \in \overline{\{1, T\}}$  сводится к решению следующей системы трансцендентных уравнений относительно переменных  $y_{it} > 0, x_{it} > 0, i=1, 2, 3$  [4]:

$$1) x_{1t}y_t^{0.32} + 1.0494x_{1t}^{-0.5385}x_{2t}^{1.5385}y_t^{0.3662} + 1.0153x_{1t}^{-0.4925}x_{3t}^{1.4925}y_t^{0.3349} = \Delta K_t;$$

$$2) x_{1t}^{-4.5454}y_t + 1.7659x_{1t}^{-5.0839}x_{2t}^{1.5385}y_t^{1.0462} + 1.5627x_{1t}^{-6.0379}x_{3t}^{1.4925}y_t^{1.0149} = (1751)10^8;$$

$$\begin{aligned}3) & 1.4706x_{2t}^{-5.2632}y_t^{1.0149} + \\ & + 1.1478x_{1t}^{-1.5385}x_{2t}^{-3.7247}y_t^{1.0462} + \\ & + 1.5627x_{1t}^{-1.4925}x_{2t}^{-5.2632}x_{3t}^{1.4925}y_t^{1.0149} = \\ & = (4581)10^{10};\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}4) & 1.4706x_{3t}^{-3.7037}y_t + 1.7659x_{1t}^{-1.5385}x_{2t}^{1.5385}x_{3t}^{3.7037} + \\ & + 1.0470x_{1t}^{-1.4925}x_{3t}^{-2.2322}y_t^{1.0149} = \\ & = (4786)10^6.\end{aligned}$$

Полученные решения  $x_{it}^* > 0, i=1, 2, 3; y_t^* > 0, \forall t \in \overline{\{1, T\}}$  определяют распределение производст-

венных ресурсов при согласованном управлении финансовыми средствами центров деятельности

$$\begin{aligned} F_{1t}^* &= (1193739)10^5 x_{1t}^{*1.5454}; \\ F_{2t}^* &= (2456244)10^7 x_{2t}^{*5.2631}; \\ F_{3t}^* &= (3915891)10^3 x_{3t}^{*3.7037}; \\ L_{1t}^* &= y_t^*; \\ L_{2t}^* &= 1.1479x_{2t}^{*1.5385} x_{1t}^{*-1.5385} y_t^{*1.0462}; \\ L_{3t}^* &= 1.0470x_{3t}^{*1.4925} x_{1t}^{*-1.4925} y_t^{*1.0149}. \end{aligned} \quad (3)$$

Решения (1) – (3) задач жесткой централизации, открытого и согласованного управления производственными ресурсами определяют собой матожидания финансовых затрат как случайных величин

$$\begin{aligned} \omega_{lit}^* &= F_{it}^* - 0.9F_{i(t-1)}^*; \omega_{2it}^* = L_{it}^*; \\ i &= \overline{1, n}; \forall t \in \overline{1, T}. \end{aligned}$$

Найденные пошаговые решения  $\omega_{jit}^*, j = 1, 2; i = \overline{1, n}; t = \overline{1, T}$  задач организационного управления процессами инвестирования инновационной деятельности рассматриваются как матожидания  $m_{jit} = \omega_{jit}^*$  случайных величин финансовых затрат  $\omega_{jit}, j = 1, 2; i = \overline{1, n}; t = \overline{1, T}$ , каждая из которых подчиняется следующему закону бета-распределения

$$f(\omega_{jit}) = \frac{12(\omega_{jit} - a_{jit})(b_{jit} - \omega_{jit})^2}{(b_{jit} - a_{jit})^4}, \quad (4)$$

$$\forall j \in \{1, 2\}, \forall i \in \{\overline{1, n}\}, \forall t \in \{\overline{1, T}\},$$

где  $a_{jit}, b_{jit}$  – минимальная и максимальная оценки затрат  $\omega_{jit}$  на каждом шаге финансирования  $t \in \{\overline{1, T}\}$ .

Для данного закона распределения (4) случайной величины  $\omega_{jit}, \forall j \in \{1, 2\}, \forall i \in \{\overline{1, n}\}, \forall t \in \{\overline{1, T}\}$  справедливо аналитическое выражение дисперсии

$$D_{jit} = \frac{12}{(b_{jit} - a_{jit})^4} \int_{a_{jit}}^{b_{jit}} (\omega_{jit} - m_{jit})^2 (\omega_{jit} - a_{jit}) \times (\omega_{jit} - m_{jit})^2 (\omega_{jit} - a_{jit}) \times (b_{jit} - \omega_{jit})^2 d\omega_{jit}$$

и выполняются следующие эмпирические соотношения

$$m_{jit} = 0.2(3a_{jit} + 2b_{jit}); D_{jit} = 0.04(b_{jit} - a_{jit})^2,$$

которые определяют собой уравнение 4-ой степени относительно переменной  $a_{jit}$

$$\begin{aligned} 4.59a_{jit}^4 - 2.7m_{jit}a_{jit}^3 + 58.5m_{jit}^2a_{jit}^2 - \\ - 55m_{jit}^3a_{jit} + 18.75m_{jit}^4 = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Действительный корень полученного уравнения (5), удовлетворяющий условиям  $0 < a_{jit} < m_{jit}$

определяет собой минимальную оценку случайной величины финансовых затрат  $\omega_{jit}$  при заданной величине матожидания  $m_{jit}$  и позволяет определить максимальную оценку  $b_{jit}^*$  и дисперсию  $D_{jit}^*$ .

Общий объем финансирования инновационной деятельности, обеспечивающей конкурентоспособность объекта производства, как сумма случайных величин затрат  $\omega_{jit}$  является случайной величиной, которая подчиняется нормальному закону распределения и характеризуется матожиданием

$$\overline{W} = \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T m_{jit}$$

и дисперсией

$$D = \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T D_{jit}.$$

Исходя из принципа гарантированного результата, согласно правилу “трёх сигм” верхняя граница величины инвестирования инновационной деятельности, обеспечивающей конкурентоспособность объекта производства в условиях неопределенности затрат  $\omega_{jit}$  определяется как

$$W = \overline{W} + 3\sqrt{D}.$$

Полученная модель позволяет количественно сравнить по эффективности финансовых затрат организационные принципы управления ресурсами инновационных разработок.

Графическое представление проведенного анализа представлено на рис. 1, 2.

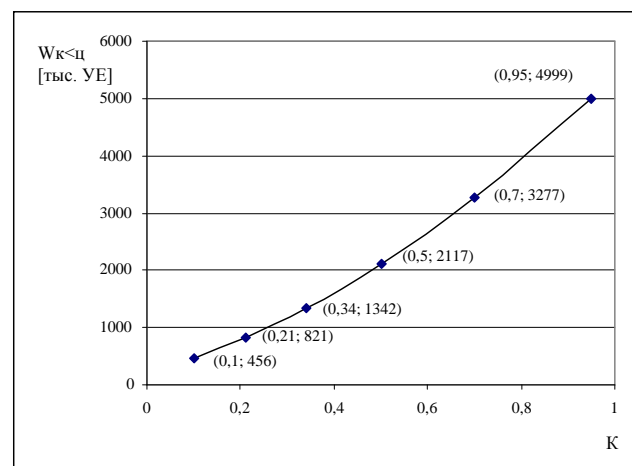


Рис. 1. Динамика инвестиций при жесткой централизации управления инновационной деятельностью

### Заключение

Таким образом на основе использования детерминированных моделей жесткой централизации, открытого и согласованного управления ресурсами

распределенных систем получены стохастические модели организационного управления инновационными разработками, в которых финансовые затраты центров деятельности рассматриваются как случайные величины подчиненные закону бета-распределения.

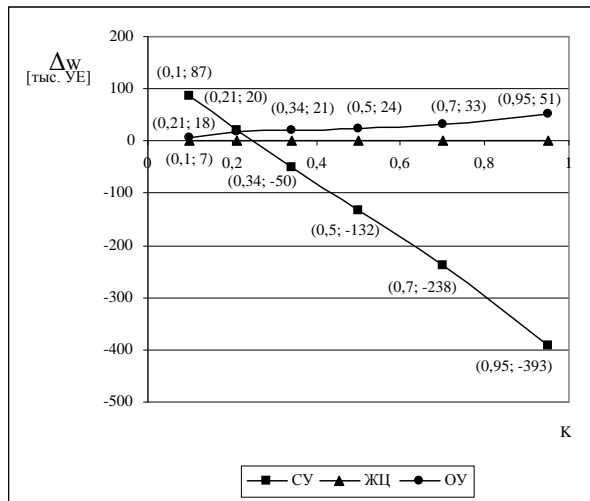


Рис. 2. Изменение объемов инвестиций в зависимости от организационного управления инновационной деятельностью

Разработанные модели позволили провести сравнительный анализ эффективности инвестиций при различных принципах организационного управления инновационной деятельностью, направленной на обеспечение конкурентоспособности объекта производства в условиях неопределённости финансовых затрат.

На примере реального объекта производства, конкурентоспособность которого характеризуется

тремя равноправными с точки зрения приоритетности показателями тактико-технических характеристик, показано, что использование принципа открытого формирования управленческих решений в условиях неопределенности финансовых затрат не имеет никаких преимуществ по сравнению с жесткой централизацией управления.

С другой стороны согласованное формирование управленческих решений при финансировании инновационных разработок направленных на достижение требуемых результатов в условиях неопределенности затрат позволяет экономить до 8% суммарных объемов инвестиций по сравнению с жесткой централизацией управления.

### Список литературы

1. Бурков В. Модели и методы управления организационными системами / В. Бурков, В. Ириков. – М., 1994. – 128 с.
2. Чумаченко И.В. Задача о приведении показателя конкурентоспособности гетерогенной продукции к заданному уровню в условиях неопределенности / И.В. Чумаченко, В.А. Витюк, А.А. Лысенко // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2007. – № 4 (23). – С. 97-101.
3. Чумаченко И.В. Бескоалиционная игра как модель открытого финансирования инновационной деятельности / И.В. Чумаченко, А. А. Лысенко // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – № 1 (35). – С. 105-107.
4. Чумаченко И.В. Формализация принципа осуществимости цели в приложении к задаче согласованного финансирования научно - исследовательских и опытно - конструкторских разработок / И.В. Чумаченко, В.А. Витюк, А.А. Лысенко // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Х.: ХУПС, 2009. – Вип. 1 (35). – С. 172-176.

Поступила в редколлегию 16.09.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Варганян, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

### АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ ІННОВАЦІЙНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ФІНАНСОВИХ ВИТРАТ

І.В. Чумаченко, В.А. Вітюк

Розглядається науково-прикладна задача аналізу ефективності організаційного управління інноваційними розробками, спрямованими на забезпечення конкурентоспроможності об'єкта виробництва в умовах невизначеності фінансових витрат. Розроблено стохастичні моделі розподілу ресурсів з позиції жорсткої централізації, відкритого і узгодженого управління фінансовими витратами, які розглядаються як випадкові величини підлеглі закону бета-розподілу. Показано, що використання узгодженого формування управлінських рішень при фінансуванні інноваційних розробок в умовах невизначеності витрат дозволяє економити до 8% сумарних обсягів інвестицій по рівнянню з жорсткою централізацією управління, а принцип відкритого управління не має ніяких переваг.

**Ключові слова:** інвестиції, інноваційна діяльність, конкурентоспроможність, організаційне управління, стохастичні моделі, фінансові витрати.

### ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE MANAGEMENT OF INNOVATION IN A TURBULENT FINANCIAL COSTS

I.V. Chumachenko, V.A. Vityuk,

We consider the scientific and applied problem-effectiveness analysis of organizational management of innovative developments aimed at ensuring the competitiveness of the object-produced in an uncertain financial costs. Developed stochastic models of resource allocation from a position of rigid centralization, transparent and consistent management of the financial costs, which are considered as random variables obeying the law of beta distribution. It is shown that the use of an agreed form of management decisions in funding innovative projects in the face of uncertainty cost savings of up to 8% of the total volume of investments in alignment with rigid centralized control, and the principle of open administration has no advantages.

**Keywords:** investment, innovation, competitiveness, organizational management, stochastic models, the financial costs.