УДК 338.45:69

С.Б. Сборщиков, Н.В. Лазарева, Я.В. Жаров

ФГБОУ ВПО «МГСУ»

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МНОГОМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Система инвестиционно-строительной деятельности (ИСД) рассмотрена как совокупность экономического пространства и времени. Задача системы ИСД состоит в достижении оптимального состояния за счет рационального использования системных ресурсов. Определены и рассмотрены подсистемы ИСД, их взаимодействие в системе координат. Пространство ИСД охватывает совокупность основных и вспомогательных процессов, поведение технико-экономической системы, режим ее функционирования в условиях устойчивого развития.

Ключевые слова: инвестиционно-строительная деятельность, многомерная модель, экономическое пространство, системотехническое моделирование, управление в строительстве.

Для определения происходящих в инвестиционно-строительной деятельности (ИСД) специфических процессов, связанных с устойчивым развитием, и дальнейшего их упорядочения в пространственных и временных условиях необходимо определить понятия «экономическое пространство» и «экономическое время», являющиеся базовыми категориями системотехники и экономики.

Понятие экономического пространства содержит обобщенное представление свойств технико-экономической системы в исходном состоянии ее развития. Таким образом, пространство ИСД как технико-экономической системы — это пространство возможных ее движений в рамках устойчивого развития. Характерным признаком экономического пространства является его единство и неделимость.

С понятием экономического пространства тесно связано понятие экономического времени. Категория экономического времени отражает совокупность основных и вспомогательных процессов, их продолжительность и скорость, с которой они осуществляются в технико-экономической системе.

Производная данного понятия — оптимальное экономическое время, характеризует оптимальную последовательность и синхронизацию процессов, а также является выражением экономии важнейшего ресурса строительства — времени.

С точки зрения организации и технологии строительства экономическое время верифицируется трудоемкостью и производительностью — это те элементы, которые необходимо принимать во внимание, если поставлена цель — устойчивое развитие в пространстве ИСД, на достижение которой направлены усилия организаций как государственного, так и корпоративного уровней [1—3].

Достижение оптимального состояния во времени требует экономии трудового фактора производства в первую очередь за счет эффективного использова-

ния машин, механизмов, оборудования, сокращения расхода материально-технических ресурсов, замены ручного труда механизированным, использования в строительстве новых технологий и материалов.

Величины оптимального экономического времени зависят от вида строительства, функционального назначения возводимых объектов, номенклатуры работ, условий строительства и других факторов в каждом конкретном случае.

Установлено [4—6], что развитие ИСД как технико-экономической системы описывается изменением вектора параметров состояния, компоненты которого представляют собой средние показатели, характеризующие строительное производство и его инфраструктуру в определенный момент времени.

Переход от одного состояния технико-экономической системы к другому описывается с помощью входных и выходных величин.

Входными величинами ИСД являются, например, показатели оперативных планов, характеристики потоков трудовых, материально-технических, информационных, финансовых ресурсов, строительной продукции. В этой связи подсистема строительного производства получает от подсистемы управления воздействия [3, 7], касающиеся:

- объема строительного производства, его структуры;
- требований качества строительной продукции;
- перечня субподрядных организаций;
- показателей производительности труда;
- параметров эффективности и рентабельности строительного производства;
- нормирования расхода материально-технических ресурсов, затрат труда;
- объема использования отходов строительства и т.д.

Выходные величины позволяют установить, как одни подсистемы влияют на другие в пространстве ИСД, т.е. рассматриваемая входная величина является величиной на выходе другой подсистемы.

Выходные величины можно подразделить на два типа [8—11]:

1) показатели, представляющие собой управленческую информацию. Данный тип величин выдается подсистемой информационного обеспечения и подсистемой управления при выполнении ею функции управления, контроля и принятия решений;

2) показатели, отражающие влияние одной подсистемы на другие подсистемы ИСД.

Устойчивое развитие определяется соотношением входа и выхода, избранной стратегией и достигнутыми результатами.

Пространство инвестиционно-строительной деятельности определяется следующим образом (рис. 1):

$$\{X, Z, Y\},$$

где X — пространство входных величин; Z — пространство параметров состояния; Y — пространство выходных величин.

Пространство ИСД $\{X, Z, Y\}$ охватывает совокупность основных и вспомогательных процессов, поведение технико-экономической системы, режим ее функционирования в условиях устойчивого развития [12—14].

Рис. 1. Параметры пространства ИСД

Формализация механизмов экономического пространства и устойчивого развития технико-экономических систем указывает на необходимость описания их в пространственно-временных координатах [15].

Первый шаг предполагает установление горизонта исследования T , т.е. временной границы, до которой проектируются траектории роста.

Далее определяется ритм модели или единица измерения экономического времени. По отношению к пространственным координатам, отражающим процесс устойчивого развития ИСД, применяются следующие идентификаторы: x — вектор входных величин ($x \in X$); u — вектор параметров решений ($u \in X$); z — вектор параметров состояния ($z \in Z$); y — вектор выходных величин ($y \in Y$); w — вектор выходных величин, поступающих в подсистему управления ($w \in Y$).

Системотехническая модель устойчивого развития ИСД является многомерной и имеет следующий вид (рис. 2):

$$\begin{aligned}
 Z_{t+1} &= F_t(Z_t, Z_{t-1}, \dots, Z_{t-\Theta_1}; x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-\Theta_2}; u_t, u_{t-1}, \dots, u_{t-\Theta_3}); \\
 \sum_{t=0}^T H_t(Z_t, Z_{t-1}, \dots, Z_{t-\Theta_1}; x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-\Theta_2}; u_t, u_{t-1}, \dots, u_{t-\Theta_4}) &\leq \hat{H}_t; \\
 w_t &= \varphi(z_t, x_t, u_t); \\
 y_t &= \varsigma(z_t, x_t, u_t).
 \end{aligned}$$

В приведенной выше системотехнической модели первое выражение показывает изменение вектора параметров состояния в пространстве и времени и описывает внутреннее поведение системы, т.е. вид зависимости состояния системы в момент времени $t+1$ от временной последовательности состояний входных и выходных величин с учетом продолжительности их воздействия Θ_i .

Таким образом, функция F_t выражает в формализованном виде пространственно-временную динамику ИСД. Величина $\hat{H}_t$ содержит ограничения, которые должны соблюдаться в процессе устойчивого развития ИСД, задаваемые подсистемой управления, например, имеющиеся ограничения на материально-технические, трудовые ресурсы, номенклатуру строительного производства, требования качества строительной продукции, установленная продолжительность строительства и т.д.

Рис. 2. Схема изменения пространства ИСД во времени

Третье уравнение системотехнической модели описывает информацию, передаваемую подсистеме управления, а четвертое уравнение отражает пространственно-временную динамику выходных величин технико-экономической системы. Поскольку при специфических процессах, происходящих в инвестиционно-строительной сфере, параметры состояния в момент времени $t + 1$ зависят от параметров состояния и воздействий как на момент времени t , так и на более ранних периодах, в системотехнической модели появляются также различные параметры запаздывания, т.е. объем строительной продукции зависит как от величины капитальных вложений текущего года, так и от капитальных вложений прошлых периодов. Воплощаются же они в зданиях и сооружениях, вводимых в эксплуатацию в данном периоде.

Библиографический список

1. Ганта И.М. Многомерные диаграммы Ганта в задачах исследования динамики гибких организационных систем // Проблемы обработки информации в интегральной автоматизации производства : сб. науч. тр. / под ред. В.М. Пономарева. Л. : Наука, 1990. С. 10—17.
2. Волков А.А., Лосев Ю.Г., Лосев К.Ю. Информационная поддержка жизненного цикла объектов строительства // Вестник МГСУ. 2012. № 11. С. 253—258.
3. Субботин А.С., Сборщиков С.Б. О возможности использования в строительстве кластерной модели организации // Вестник МГСУ. 2011. № 5. С. 286—289.
4. Construction Owner Association of Alberta. Режим доступа: <http://www.coaa.ab.ca>. Дата обращения: 03.01.2014.
5. Ng S.T., Fan R.Y.C., Wong J.M.W. An econometric model for forecasting private construction investment in Hong Kong // Construction Management and Economics. 2011. Vol. 29. No. 5. Pp. 519—534.
6. Project feasibility study: the key to successful implementation of sustainable and socially responsible construction management practice / L. Shen, V.W.Y. Tam, L. Tam, Y. Ji // Journal of Cleaner Production. 2010. Vol. 18. No. 3. Pp. 254—259.
7. Загускин Н.Н. Основные направления развития инвестиционно-строительной деятельности в России // Экономическое возрождение России. 2012. № 4. С. 135—141.
8. Сборщиков С.Б. Организационные основы устойчивого развития энергетического строительства // Вестник МГСУ. 2010. № 4. Т. 2. С. 363—368.
9. Жаров Я.В. Организационно-технологическое проектирование при реализации инвестиционно-строительных проектов // Вестник МГСУ. 2013. № 5. С. 176—184.
10. Лукманова И.Г., Нежникова Е.В. Перспективные направления повышения качества в строительстве // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 12. С. 81—83.
11. Куцигина О.А., Панаева В.В. Ценообразование в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве с использованием методов управления затратами // Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 10. С. 38—41.
12. Мамедов Ш.М. Систематизация признаков конкурентоспособности строительной организации // Экономическое возрождение России. 2010. № 2. С. 24—28.
13. Zhang J.P., Hu Z.Z. BIM and 4D-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction : 1. Principles and methodologies // Automation in construction. 2011. Vol. 20. No. 2. Pp. 155—166.
14. Analysis of Industry Trends for Improving Undergraduate Curriculum in Construction Management Education / N. Lee, R. Ponton, A.W. Jeffreys, R. Cohn // ASC Proceedings of the 47th Annual International Conference, Omaha, NE, April 2011. Режим доступа: <http://www.engineering.unl.edu/durhamschool/events/ascconference2011/>. Дата обращения: 03.01.2014.
15. Sacks R., Pikas E. Building information modeling education for construction engineering and management. I: Industry requirements, state of the art, and gap analysis // Journal of Construction Engineering and Management. 2013. Vol. 139. No. 11. Pp. 196—201.

Поступила в редакцию в январе 2014 г.

Об авторах: **Сборщиков Сергей Борисович** — доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры технологии, организации и управления строительством, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, tous2004@mail.ru;

Лазарева Наталья Валерьевна — ассистент кафедры технологии, организации и управления строительством, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, nata_0986@mail.ru;

Жаров Ярослав Владимирович — ассистент кафедры технологии, организации и управления строительством, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, yazharov@yandex.ru.

Для цитирования: *Сборщиков С.Б., Лазарева Н.В., Жаров Я.В. Теоретические основы многомерного моделирования устойчивого развития инвестиционно-строительной деятельности // Вестник МГСУ. 2014. № 6. С. 165—171.*

S.B. Sborshchikov, N.V. Lazareva, Ya.V. Zharov

THEORETICAL BASES OF MULTIDIMENSIONAL MODELING OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN INVESTMENT AND CONSTRUCTION ACTIVITIES

In the article the system processes of investment and construction activities (ISA) are considered as a set of economic space and time. The concept of economic space contains a generalized representation of the properties of technical and economic system in the initial state of its development. The space of investment and construction activities is a techno-economic system, the space, in which the movement is possible within the framework of sustainable development. A characteristic feature of economic space is its unity and indivisibility. The concept of economic space is closely related to the concept of economic time. The transition from one state of techno-economic system to another is described by the input and output variables. The task of ISA is to achieve optimal conditions for the rational use of system resources. The article identifies and discusses ISA subsystems and their interaction in the coordinate system. The space investment and construction activities encompasses a set of core and auxiliary processes, the behavior of techno-economic system, its mode of functioning in the context of sustainable development.

Key words: investment and construction activities, multidimensional model, economic space, system modeling, management in construction.

References

1. Ganta I.M. Mnogomernye diagrammy Ganta v zadachakh issledovaniya dinamiki gibkikh organizatsionnykh system [Multidimensional Gantt Chart in Research Problems of the Dynamics of Flexible Organizational Systems]. *Problemy obrabotki informatsii v integral'noy avtomatizatsii proizvodstva: Sbornik nauchnykh trudov* [Problems of Information Processing in the Integrated Automation of Production: Collection of Scientific Papers]. 1990, pp. 10—17.
2. Volkov A.A., Losev Yu.G., Losev K.Yu. Informatsionnaya podderzhka zhiznennogo tsikla ob"ektov stroitel'stva [Information Support of Life Cycles of Construction Facilities]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2012, no. 11, pp. 253—258.
3. Subbotin A.S., Sborshchikov S.B. O vozmozhnosti ispol'zovaniya v stroitel'stve klaster-noy modeli organizatsii [On the Possibility of Using Cluster Model of an Organization in the Construction]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2011, no. 5, pp. 286—289.
4. Construction Owner Association of Alberta. Available at: <http://www.coaa.ab.ca>. Date of access: 03.02.14.
5. Ng T.S., Fan R.Y.C., Wong J.M.W. An Econometric Model for Forecasting Private Construction Investment in Hong Kong. *Construction Management and Economics*. 2011, vol. 29, no. 5, pp. 519—534. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01446193.2011.570356>.
6. Shen L., Tam V.W.Y., Tam L., Ji Y. Project Feasibility Study: the Key to Successful Implementation of Sustainable and Socially Responsible Construction Management Prac-

tice. Journal of Cleaner Production. 2010, vol. 18, no. 3, pp. 254—259. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.10.014>.

7. Zaguskin N.N. Osnovnye napravleniya razvitiya investitsionno-stroitel'noy deyatel'nosti v Rossii [The Main Directions of Investment and Construction Activities Development in Russia]. *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii* [Economic Revival of Russia]. 2012, no. 4, pp. 135—141.

8. Sborshchikov S.B. Organizatsionnye osnovy ustoychivogo razvitiya energeticheskogo stroitel'stva [Organizational Bases for Sustainable Development of Power Plant Construction]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2010, no. 4, vol. 2, pp. 363—368.

9. Zharov Ya.V. Organizatsionno-tehnologicheskoe proektirovanie pri realizatsii investitsionno-stroitel'nykh projektov [Process Organization Design within the Framework of Construction Projects]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2013, no. 5, pp. 176—184.

10. Lukmanova I.G., Nezchnikova E.V. Perspektivnye napravleniya povysheniya kachestva v stroitel'stve [Perspective Directions of Quality Improvement in Construction]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Construction]. 2012, no. 12, pp. 81—83.

11. Kutsigina O.A., Panaetova V.V. Tsenoobrazovanie v stroitel'stve i zhilishchno-komunal'nom khozyaystve s ispol'zovaniem metodov upravleniya zatratami [Pricing in the Construction and Housing and Communal Services using Methods of Cost Management]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering]. 2011, no. 10, pp. 38—41.

12. Mamedov Sh.M. Sistematizatsiya priznakov konkurentosposobnosti stroitel'noy organizatsii [Classification of Competitiveness Features of a Construction Organization]. *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii* [Economic Revival of Russia]. 2010, no. 2, pp. 24—28.

13. Zhang J.P., Hu Z.Z. BIM and 4D-based Integrated Solution of Analysis and Management for Conflicts and Structural Safety Problems during Construction: 1. Principles and Methodologies. *Automation in Construction*. 2011, vol. 20, no. 2, pp. 155—166. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.013>.

14. Lee N., Ponton R., Jeffreys A.W., Cohn R. Analysis of Industry Trends for Improving Undergraduate Curriculum in Construction Management Education. ASC Proceedings of the 47th Annual International Conference, Omaha, NE, April 2011. Available at: <http://www.engineering.unl.edu/durhamschool/events/ascconference2011/>. Date of access: 03.01.2014.

15. Sacks R., Pikas E. Building Information Modeling Education for Construction Engineering and Management. I: Industry Requirements, State of the Art, and Gap Analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2013, vol. 139, no. 11, pp. 196—201. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000759](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000759).

About the authors: **Sborshchikov Sergey Borisovich** — Doctor of Economic Sciences, Professor, Department of Technology, Organization and Management in Construction Industry, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; tous2004@mail.ru, +7 (495) 583-47-52;

Lazareva Natal'ya Valer'evna — Assistant Lecturer, Department of Technology, Organization and Management in Construction Industry, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; nata_0986@mail.ru;

Zharov Yaroslav Vladimirovich — Assistant Lecturer, Department of Technology, Organization and Management in Construction Industry, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; yazharov@yandex.ru.

For citation: Sborshchikov S.B., Lazareva N.V., Zharov Ya.V. Teoreticheskie osnovy mnogomernogo modelirovaniya ustoychivogo razvitiya investitsionno-stroitel'noy deyatel'nosti [Theoretical Bases of Multidimensional Modeling of Sustainable Development in Investment and Construction Activities]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2014, no. 6, pp. 165—171.