УДК 693

А.С. Субботин, С.Б. Сборщиков, Н.В. Лазарева

ФГБОУ ВПО «МГСУ»

УПРАВЛЕНИЕ КЛАСТЕРНЫМИ СТРУКТУРАМИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Строительная отрасль переживает тот этап деятельности, в котором существует потребность изменения организационных форм и методов управления строительным процессом. Одним из ключевых методов управления строительством является строительный кластер. Приведено математическое описание системотехнической модели управления, подтверждающее эффективность кластерной модели управления в строительстве.

Ключевые слова: строительный кластер, системотехническая модель управления, инвестиционно-строительная деятельность, кластерная структура.

Строительство как отрасль материального производства характеризуется в настоящее время усложнением решаемых задач. Генезисом процесса выполнения мероприятий, направленных на достижение поставленной цели, должно явиться использование новых организационных форм и методов, наиболее перспективными из которых являются кластерные структуры [1].

Кластерный подход связан с трудами Майкла Портера, которые раскрывают свойства конкурентоспособности не только для отдельных компаний, но и для целых территорий, регионов и наций. Они конкурируют по своей производительности. Кластер служит промежуточным понятием. Он означает группу взаимосвязанных компаний и отраслей, сосредоточенных на одной территории и выигрывающих благодаря близости расположения и тесному взаимодействию. Кластеры, согласно М. Портеру, — это «двигатели продуктивности» [2].

Строительный кластер как модель представления организационной структуры имеет отличительные специфические особенности, обусловленные тем, что имеют более широкую функциональную и целевую декомпозицию. Он интегрирует все составляющие производственного процесса в рамках инвестиционного цикла от поставщиков материально-технических ресурсов до потребителей конечной строительной продукции, включая сферу обслуживания и специализированную инфраструктуру [3].

Однако строительный кластер как совокупность технологически и организационно взаимосвязанных самостоятельных хозяйствующих субъектов имеет более сложную модель управления по сравнению с традиционной генподрядной схемой [4].

Как известно, для определения динамического поведения технико-экономической системы, которой является инвестиционно-строительная деятельность, и его формализованного описания большое значение имеет вектор состояния.

Одна из особенностей технико-экономической системы заключается в том, что ее состояние, как правило, характеризуется многомерным вектором.

Как и в любой технико-экономической системе, в инвестиционно-строительной деятельности допустимо выделить две стороны ее поведения — внутреннее и внешнее поведение, между которыми существует единство [5, 6].

В этой связи вектор состояния z_t модели управления содержит данные об объеме строительного производства, производительности труда, эффективности и рентабельности строительства и т.д. Через u_t обозначается вектор управления, который отражает принципиальные решения в отношении инвестиционно-строительной деятельности.

Математическое описание системотехнической модели управления имеет следующую общую форму [7]:

$$z_{t+1} = G_t(z_t, u_t, x_t),$$

где z_t — вектор входа, который содержит информацию о потребности в материально-технических, трудовых, информационных, финансовых и иных ресурсах.

На основе логистической интерпретации модели устанавливается область допустимых управленческих мер U для обеспечения устойчивого роста и представляет собой произведение множеств U_i :

$$U = U_1 \times U_2 \times \dots \times U_k,$$

где U_i — область допустимых значений i -й компоненты вектора управления.

Переходя к непосредственному описанию управления кластерными структурами, будем рассматривать вариант кластеров (территориальных, отраслевых и корпоративных), функционирующих на основе интегрированных структур, например в рамках государственно-частных партнерств.

Общая форма модели управления дополняется рядом ограничений, связанных, например, со способом использования ресурсов, обусловленных как территориальностью, так и конкретными условиями строительных площадок.

Система ограничений математической модели управления имеет следующий вид:

$$\sum_{t=0}^T H_t(z_t, u_t, x_t) = \lambda,$$

где T — границы соответствующего прогнозного периода; λ — это вектор, который задается на основе программы развития интегрированной структуры.

В зависимости от области допустимых управленческих мер, организационной структуры управления, динамики и ограничений на основе традиционных методов прогнозирования и логистики определяются наблюдаемые и достижимые области роста, а также области управления [7—9].

Учитывая то обстоятельство, что задача состоит в повышении эффективности инвестиционно-строительной сферы, система управления в рамках достижимой области ограничивает зону P_t , которая означает общий прогресс. При определении этой зоны орган управления данного уровня иерархии принимает во внимание необходимость увеличения отдачи от процесса инвестирования в строительство, при этом текущие интересы должны гармонично увязываться с будущими.

Контроль развития системы в так называемой зоне прогресса осуществляется при помощи вектора выходных величин. Компоненты данного вектора y_t

относятся к величине и структуре строительного кластера, а также показателям инвестиционно-строительной деятельности, уровню производительности и т.д.

Развитие строительного кластера как технико-экономической системы в установленной зоне прогресса P_t описывается выражением

$$y_t = \varphi_t(z_t, u_t, x_t) \in P_t.$$

Таким образом, математическая модель управления инвестиционно-строительной деятельностью в рамках кластера (территориального, отраслевого, корпоративного) состоит из следующих уравнений:

$$1) z_{t+1} = G_t(z_t, u_t, x_t);$$

$$2) \sum_{t=0}^T H_t(z_t, u_t, x_t) = \lambda;$$

$$3) y_t = \varphi_t(z_t, u_t, x_t) \in P_t.$$

Из большого количества траекторий, определяемых по данной модели управления в ходе итеративного процесса оптимизации, выбираются такие, которые обеспечивают оптимальный сбалансированный и пропорциональный рост кластера в пространстве инвестиционно-строительной деятельности.

С целью оптимизации модели придаются различные целевые функции и имитируются различные траектории роста. В этой связи выбирается траектория роста, наиболее полно соответствующая выбранной цели. Связанные с системотехнической моделью управления инвестиционно-строительной деятельностью в рамках кластера целевые функции должны обеспечивать такие траектории роста, которые способствуют увеличению рентабельности инвестиций в строительство. Эти функции имеют следующую общую форму:

$$\max I(z, u) = \max \sum_{t=0}^T \beta_t(z_t, u_t, x_t).$$

Таким образом, системотехническая модель управления превращается в модель динамической оптимизации.

Благодаря применению алгоритмов логистики системотехническая модель инвестиционно-строительной деятельности в рамках кластера поддерживает режим оптимального управления:

$$\tilde{u}_t = s(z_t, z_{t-1}, \dots, z_{t-k}, x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-k}).$$

Траектория оптимального, сбалансированного и пропорционального роста характеризуется зависимостями:

$$z_{t+1} = G_t(\tilde{z}, s_t(\tilde{z}, x), x_t);$$

$$u_{t+1} = \varphi_t(\tilde{z}, s_t(z, x), x_t).$$

Распределение ресурсов, сил и средств по фронтам работ обеспечивает более полное вовлечение участников в инвестиционно-строительную деятельность и, в конечном счете, рост ее эффективности.

Системотехническая модель развития инвестиционно-строительной деятельности в выбранном аспекте (территориальном, отраслевом, корпоративном) действует по итеративному принципу. Динамический характер модели находит свое выражение в уравнении:

$$G_{t+1}^i = (1 - \mu_t^i) G_t^i + \sum_{\tau=0}^{\Theta_i} \lambda_{t, t-\tau}^i u_{t, t-\tau}^i,$$

где μ_t^i — коэффициент, учитывающий производство строительной продукции за счет собственных средств; G_t^i — объем строительной продукции i -го предприятия кластера на начало года t ; $\lambda_{t, t-\tau}^i$ — доля инвестиций, реализуемых в году $(t - \tau)$ i -м предприятием кластера и трансформирующихся в году t в строительную продукцию; Θ_i — период освоения инвестиций i -м предприятием кластера; u_t^i — основная регулируемая величина вложений, реализуемых i -м предприятием кластера в году t .

Ограничения

1. Ограничения использования трудовых ресурсов. Одна из целей системотехнической модели состоит в том, чтобы выявить возможность развития инвестиционно-строительной деятельности в рамках кластера и при этом обеспечить полную занятость ресурсов рабочей силы (как мужской, так и женской). Поскольку предприятия имеют специализацию или ориентацию на определенные виды работ, которые различаются по уровню использования мужской и женской рабочей силы, для каждой группы трудовых ресурсов принимается ограничение

$$\sum_i \eta_t^{i,s} A_t^s = \hat{A}_t^s,$$

где $\hat{A}_t^s$ — объем трудовых ресурсов, которые должны быть заняты в году t (для мужской группы трудовых ресурсов $s = 1$, для женской группы $s = 2$); $\eta_t^{i,s}$ — доля мужской или женской рабочей силы на предприятии i кластера, причем $\eta_t^{i,1} + \eta_t^{i,2} = 1$.

2. Ограничения материально-технических ресурсов. Инвестиционно-строительной деятельности необходимы материально-технические ресурсы, но ее кластерная структура должна развиваться таким образом, чтобы не допустить перерасход, т.е.

$$\sum_i \delta_t^{i,j} Q_t^i \leq R_t^j,$$

где Q_t^i — объем работ на объектах i -го предприятия кластера в году t ; $\delta_t^{i,j}$ — удельный расход j -го ресурса в i -м предприятии кластера в году t ; R_t^j — имеющийся объем ресурса типа j в году t . Предполагается, что нормативы $\delta_t^{i,j}$ снижаются, например, вследствие мероприятий, направленных на сокращение расхода материалов, научно-технического прогресса и т.д.

3. Общие ограничения. В системотехнической модели развития кластерного устройства инвестиционно-строительной деятельности (в территориальном, отраслевом или корпоративном аспектах) должны устанавливаться нижние пределы, относящиеся к обеспечению производительности, рентабельности строительства, заработной платы и т.д. Вместе с тем преследуется цель превысить эти нижние пределы.

Содержание первой итерации в модели состоит в том, чтобы, исходя из целей и связанных между собой общих показателей строительного производства, определить необходимый уровень производительности труда и предусматривающий средний уровень заработной платы работающих (по данному региону, данной отрасли или компании).

Последующие итерации учитывают ограничения верхнего и среднего пределов, внутри которых могут находиться объемы строительного производства, а также объемы распределяемых ресурсов, в т.ч. и централизованно, например, в рамках государственно-частного партнерства [10, 11]. Эти ограничения имеют следующую форму:

$$\hat{A}_{t,k} \geq \sum_i a_{t,k}^i Q_t^i,$$

$$\hat{B}_{t,k} > \sum_i b_{z,k}^i Q_t^i.$$

Неизвестными модели являются значения z_t^i , т.е. инвестиции, необходимые объектам i -го предприятия кластера в году t . Неизвестные z_t^i можно определить при дополнительном условии, что величина $\sum_t \sum_i z_t^i = \min$, т.е. поставленные цели осуществляются с минимальными инвестициями. В случае, когда все отношения модели имеют линейный характер, получается линейная динамическая модель оптимизации.

Результаты модели содержат:

$Z_t = \sum_i z_t^i$ — общий годовой объем необходимых инвестиций;

$Z_t^{\text{внеш}} = \sum_i \omega_i z_t^i$ — годовой объем необходимых инвестиций, обеспечиваемых за счет привлечения внешних источников.

Через ω_i обозначена доля необходимых инвестиций, привлекаемых из внешних источников в общем объеме инвестиций в объекты i -го предприятия кластера.

Другие результирующие величины модели:

$A_{t,k} = \sum_i a_{t,k}^i Q_t^i$ — необходимый объем централизованно распределяемых ресурсов за счет собственных источников;

$B_{t,k} > \sum_i b_{z,k}^i Q_t^i$ — необходимое количество ресурсов.

Получаемые при помощи данной модели результаты должны дополняться другими исследованиями, направленными на обеспечение устойчивого развития инвестиционно-строительной деятельности с учетом кластерного представления ее организационной структуры (в территориальном, отраслевом, корпоративном аспектах).

Библиографический список

1. Сборщиков С.Б., Субботин А.С. О возможности использования в строительстве кластерной модели организации // Вестник МГСУ. 2011. № 5. С. 286—290.
2. Портер М. Конкурентное преимущество : пер. с англ. М. : Альпина Бизнес Букс, 2005. 654 с.
3. Субботин А.С., Сборщиков С.Б. Кластеры, технологические платформы, еврокоды. Перспективы их использования в строительстве // Технология и организация строительного производства. 2011. № 5. С. 24—26.
4. Сборщиков С.Б. Теоретические закономерности и особенности организации воздействий на инвестиционно-строительную деятельность // Вестник МГСУ. 2009. № 2. С. 183—187.
5. Jonathan Sallet and Ed Paisley. Innovation Clusters Create Competitive Communities. Huff Post Social News September 21, 2009. Режим доступа: http://www.huffingtonpost.com/jonathan-sallet/innovation-clusters-creat_b_293603.html.

6. *Granovetter M.* The success of the innovative cluster is based on openness, flexibility and freedom // *The New Times* (in Russian), 2010, on April 6.

7. *Сборщиков С.Б.* Системотехническое описание проблемы разграничения планирования и текущей производственной деятельности в строительных организациях // *Вестник МГСУ*. 2011. Т. 1. № 1. С. 215—220.

8. *Shen W., Hao Q., Mak H., Neelamkavil J., Xie H., Dickinson J., Thomas R., Pardasani A., Xue H.* Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management : A review // *Advanced Engineering Informatics*. 2010, T. 24, no. 2, pp. 196—207. DOI: 10.1016/j.aei.2009.09.001.

9. *Georges A., Romme L., Gerard Endenburg.* Design: Construction Principles and Design Rules in the Case of Circular Design. *Organization Science*. 2006, vol. 17, no. 2, pp. 287—297. DOI: 10.1287/orsc.1050.0169.

10. *Субботин А.С., Сборщиков С.Б.* Организационные аспекты формирования и функционирования государственно-частного партнерства и перспективы их использования в строительстве // *Вестник МГСУ*. 2012. № 10. С. 267—271.

11. *Варнавский В.Г.* Партнерство государства и частного сектора: формы, проекты, риски. М. : Наука, 2005. С. 28, 36.

Поступила в редакцию в январе 2014 г.

Об авторах: **Субботин Артем Сергеевич** — аспирант кафедры технологии, организации и управления в строительстве, ассистент кафедры архитектурно-строительного проектирования, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8(495)583-47-52, subbotin-art@mail.ru;

Сборщиков Сергей Борисович — доктор экономических наук, профессор кафедры технологии, организации и управления в строительстве, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8(495)583-47-52, tous2004@mail.ru;

Лазарева Наталья Валериановна — аспирант кафедры технологии, организации и управления в строительстве, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8(495)583-47-52, tous2004@mail.ru.

Для цитирования: *Субботин А.С., Сборщиков С.Б., Лазарева Н.В.* Управление кластерными структурами в строительстве // *Вестник МГСУ*. 2014. № 3. С. 247—253.

A.S. Subbotin, S.B. Sborshchikov, N.V. Lazareva

MANAGEMENT OF CLUSTER STRUCTURES IN CONSTRUCTION

Construction as a branch of material production is characterized by complication of the tasks being solved. At the present moment the construction branch endures the stage of activity, in which there is a necessity of changing the organizational forms and methods of construction process management. One of the key methods construction management is the construction cluster. Cluster means a group of interrelated companies and brunches, concentrated on one territory and benefiting from being closely situated and close cooperation. Construction cluster as a model of presenting operational structure has differential specific features, determined by the fact that it possess wider functional and purpose-oriented decomposing.

The authors offer the mathematical description of the system model of management, which proves the efficiency of cluster model in construction management.

Calculations and formulas of using manpower and material resources and necessary investments are also presented as part of cluster model of management implementation.

Key words: construction cluster, system model of management, investment and construction activity, cluster strycture.

References

1. Sborshchikov S.B., Subbotin A.S. O vozmozhnosti ispol'zovaniya v stroitel'stve klasternoy modeli organizatsii [On the Possibility to Use the Cluster Model of Management in Construction]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2011, no. 5, pp. 286—290.
2. Porter M. Competitive Advantage. Russian Translation. Moscow, Alpina Business Books Publ., 2005, 654 p.
3. Subbotin A.S., Sborshchikov S.B. Klasteri, tekhnologicheskie platformy, evrokody. Perspektivy ikh ispol'zovaniya v stroitel'stve [Clusters, Technological Platforms, Eurocodes. Prospects of their Use in Construction]. *Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva* [Technology and Organization of Construction Production]. 2011, no. 5, pp. 24—26.
4. Sborshchikov S.B. Teoreticheskie zakonomernosti i osobennosti organizatsii vozdeystviy na investitsionno-stroitel'nyuyu deyatel'nost' [Theoretical Patterns and Peculiarities of Influence Organization on Investment and Construction Activity]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2009, no. 2, pp. 183—187.
5. Sallet J., Paisley E. Innovation Clusters Create Competitive Communities. Huff Post Social News. September 21, 2009. Available at: http://www.huffingtonpost.com/jonathan-sallet/innovation-clusters-creat_b_293603.html
6. Granovetter M. The Success of the Innovative Cluster is Based on Openness, Flexibility and Freedom. The New Times (in Russian). 2010, April 6.
7. Sborshchikov S.B. Sistemotekhnicheskoe opisanie problemy razgranicheniya planirovaniya i tekushchey proizvodstvennoy deyatel'nosti v stroitel'nykh organizatsiyakh [System Description of the Differentiation Problem of Planning and the Current Production Activity in the Construction Companies]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2011, vol. 1, no. 1, pp. 215—220.
8. Shen W., Hao Q., Mak H., Neelamkavil J., Xie H., Dickinson J., Thomas R., Pardasani A., Xue H. Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management : A review. *Advanced Engineering Informatics*. 2010, vol. 24, no. 2, pp. 196—207. DOI: 10.1016/j.aei.2009.09.001.
9. Georges A., Romme L., Gerard Endenburg. Design: Construction Principles and Design Rules in the Case of Circular Design. *Organization Science*. 2006, vol. 17, no. 2, pp. 287—297. DOI: 10.1287/orsc.1050.0169.
10. Subbotin A.S., Sborshchikov S.B. Organizatsionnye aspekty formirovaniya i funktsionirovaniya gosudarstvenno-chastnogo partnerstva i perspektivy ikh ispol'zovaniya v stroitel'stve [Organizational Aspects of Formation and Operation of the Public Private Partnership and Prospects for its Implementation in the Construction Industry]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2012, no. 10, pp. 267—271.
11. Varnavskiy V.G. *Partnerstvo gosudarstva i chastnogo sektora: formy, proekty, riski* [Partnership of the State and Private Sector: Forms, Projects, Risks]. Moscow, Nauka Publ., 2005, p. 28, 36.

About the authors: **Subbotin Artem Sergeevich** — postgraduate student, Department of Technology, Organization and Management in Construction Industry, Assistant Lecturer, Department of Architectural and Structural Design, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; subbotin-art@mail.ru, +7 (495) 583-47-52;

Sborshchikov Sergey Borisovich — Doctor of Economic Sciences, Professor, Department of technology 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 Valerianovna — postgraduate student, 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.

For citation: Subbotin A.S., Sborshchikov S.B., Lazareva N.V. Upravlenie klasternymi strukturami v stroitel'stve [Management of Cluster Structures in Construction]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2014, no. 3, pp. 247—253.