ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 728.2

А.А. Лапидус, А.Н. Макаров
НИУ МГСУ

ФОРМИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОИЗВОДСТВА КРОВЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Предложена и исследована модель потенциала производства кровельных конструкций жилых многоэтажных зданий, позволяющая оценить и оптимизировать комплекс организационно-технологических решений производства данной строительной продукции. Анализ модели произведен с применением различных методов системного подхода, в результате которого определена структура системы, характер взаимодействия элементов и найдено ее аналитическое представление. Предложен переход от качественных характеристик показателей к числовым индексам, позволяющий использовать математический анализ для формализации системы.

Ключевые слова: организационно-технологический потенциал, кровельные конструкции, структура потенциала, критерий оценки, строительный процесс, показатели качества, весовой коэффициент.

Потенциал эффективности организационно-технологических и управленческих решений (ОТУР) строительного объекта [1] позволяет оценить его состояние в любой момент времени, охарактеризовать основные организационно-технологические факторы, степень их влияния при реализации строительного проекта и, что не менее важно, прогнозировать дальнейшее его развитие. Интегральный организационно-технологический потенциал строительного объекта представляет собой сложную комплексную систему, характеризуемую определенной структурой, закономерностями, функционированием и развитием.

Исходя из основ системотехники, одним из основных принципов строения сложной системы является возможность ее декомпозиции на подсистемы, компоненты, элементы. Система обладает многоуровневой иерархической структурой типа «перевернутого дерева», в вершине которого — интегральный потенциал строительного объекта, на следующем уровне — подсистемы, единичные интегральные потенциалы: строительной площадки, экологической нагрузки [2], строительной компании [3], проектных решений [4, 5]. На данном уровне расположен интегральный потенциал организационно-технологических решений (ОТР) производственного процесса строительного объекта, который, в свою очередь, можно разбить на интегральные потенциалы ОТР производственного процесса отдельной строительной продукции: несущие, ограждающие [6], кровельные конструкции, отделочные поверхности, инженерные сети и т.д.

Последние годы проводится исследование интегрального потенциала строительного проекта [1—8], для чего используются различные методы системного подхода и многокритериальной оптимизации [9]. В ходе научной работы над формализацией интегрального потенциала строительного проекта были исследованы единичные интегральные потенциалы экологической нагрузки, строительной площадки, эффективности строительной компании, безопасности строительного производства [10]. Данная статья посвящена исследованию единичного интегрального потенциала ОТР производства кровельных конструкций жилых многоэтажных зданий, что является еще одной ступенью на пути к структурно-параметрическому синтезу потенциала эффективности ОТУР строительного объекта. В данном случае кровли жилых зданий рассматриваются как пример достаточно простых в исполнении плоских конструкций, в отличие от часто встречающихся на практике сложных по конфигурации и исполнению кровель гражданских зданий.

Из общей теории систем известно, что элементы любой системы, в свою очередь, являются системами более низкого порядка. Для решения поставленной проблемы рассмотрим системный подход и выделим структуру исследуемого объекта. Воспользуемся аксиологическим и каузальным подходом — «сверху» и «снизу» — представления систем. В табл. 1 вершина иерархического древа — целевой функционал, системообразующий фактор — потенциал строительного производства кровельных конструкций.

С помощью декомпозиции исследуемой системы на I уровне детализации получим подсистемы — относительно независимые части, обладающие свойствами и закономерностями системы.

На II уровне выделены важнейшие критерии системы, по которым оценивается соответствие функционирования системы заданному результату. В фокусе каждого из этих принципов будет вестись дальнейшее исследование объекта.

На основе морфологического анализа систем выявим максимально полный список параметров системы и расположим их на III уровне иерархии. Изучение совокупности влияния данных компонентов, описывающих производственный процесс кровельных конструкций, на вершину системы удовлетворяет цели исследования, поэтому остановим дальнейшую структуризацию объекта.

Объем работ, продолжительность строительства, финансовая составляющая проекта определяют его эффективность и являются решающими критериями оценки производственного процесса в условиях рыночной экономики.

Качество и безопасность строительного производства эквивалентны его эффективности и не должны приноситься в жертву ради увеличения последнего вопреки недостаточной эмпирической аргументации. Качество конечной продукции строительства существенно влияет на ее стоимость, следовательно повышает рентабельность строительного проекта [11].

Гибкость строительного процесса определяет его универсальность, применимость технологий и методов организации производства в различных, сменяющих друг друга условиях. Актуальное свойство — ввиду нестабильности и стохастичности как внешних, так и внутренних условий строительства.

Ресурсосбережение — важный критерий производственного процесса, определяющий его рациональность и оптимизацию [12]. Данный принцип способствует развитию строительной отрасли, совершенствованию ее технологий и организации, созданию новых материалов, машин и механизмов.

Эффективность, качество и безопасность производства строительных работ в первую очередь связаны с количеством и качеством трудовых ресурсов данного процесса. Профессионализм каждого участника строительства, начиная с кровельщика и заканчивая менеджером проекта, способствует росту эффективности производства и надежности строительной продукции, также как и увеличение количества звеньев в цепочке контроля качества [13]. Подтверждением последнего служит характеристика закономерности целостности (эмерджентности) любой системы — по мере увеличения числа уровней степень целостности системы существенно возрастает. Так можно представить контроль качества — аддитивным критерием некоторой системы, а участников строительного контроля (от государственного надзора до бригадира) по мере ответственности и влияния расположить на соответствующих уровнях важности данной системы.

Табл. 1. Структура организационно-технологического потенциала производства кровельных конструкций

<table>
<tr><th>I уровень</th><th>II уровень</th><th>III уровень</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Строительно-монтажные работы</td><td>Объем работ</td><td>Климатические условия</td></tr>
<tr><td>Время</td><td>Информационная технология</td></tr>
<tr><td>Себестоимость</td><td>Складирование материалов</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Проектные работы</td><td>Безопасность</td><td>Контроль качества</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Гибкость</td><td>Квалификация рабочих и ИТР</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Управление проектом</td><td>Количество материальных ресурсов</td></tr>
<tr><td>Ресурсосбережение</td><td>Готовность фронта работ</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Качество</td><td>Качество материальных ресурсов</td></tr>
<tr><td>Подача материалов</td></tr>
<tr><td>Количество рабочих</td></tr>
</table>

Информационная технология строительного производства включает в себя, с одной стороны — хранение, передачу и переработку информации, с другой — проектную, нормативную, исполнительную, уставную и разрешительную документации [14]. Уровень применения информационной технологии при производстве работ является важным показателем любого строительного проекта [15].

Материальные ресурсы в строительстве влияют на время, себестоимость, безопасность производственного процесса. Количество и качество строительных материалов, инструментов, инвентаря должны соответствовать проекту и способствовать рациональному производству работ.

Взаимодействие исследуемой системы с внешней средой представлено параметром «климатические условия». Климатические условия непосредственно воздействуют на производительность, качество и стоимость строительства [16]. Учитывая географическое положение строящегося объекта, опираясь на климатологию и метеорологию, можно прогнозировать с определенной вероятностью при каких погодных условиях будет осуществляться строительное производство данной продукции.

Ввиду большой сложности строительной системы, многоуровневой структуры, совокупности взаимодействий обширного числа внутренних и внешних элементов, их вероятностного характера, необходимо также рассчитывать возможность смещения календарных сроков выполнения строительных процессов. Что, в свою очередь, повлечет дополнительные затраты ресурсов, направленных на проведение мероприятий по производству работ в данных погодных условиях.

Степень готовности фронта работ отражает организационно-технологическую увязку разнородных строительных процессов в реальном времени, оказывает прямое влияние на продолжительность строительства и его стоимость.

Полученная система обладает слабыми связями: критерии II уровня присущи каждой подсистеме на I уровне, компоненты III уровня подчинены нескольким вершинам на II уровне. В рамках представленной научной работы рассматривается подсистема «Строительно-монтажные работы». Цель исследования — оценить ОТР принятые в области данной подсистемы. В ходе структурно-функционального анализа с помощью квалиметрической экспертизы и нахождения корреляционных связей были объединены критерии «Объем», «Время» и «Себестоимость» в один — «Эффективность». Компоненты «Контроль качества», «Квалификация» и «Количество рабочих» — в «Трудовые ресурсы»; «Качество» и «Количество материальных ресурсов» — в «Материальные ресурсы». Компоненты «Складирование» и «Подача», в силу незначительного влияния на конечный показатель, исключены. На данном этапе исследования система принимает следующий вид (рис. 1).

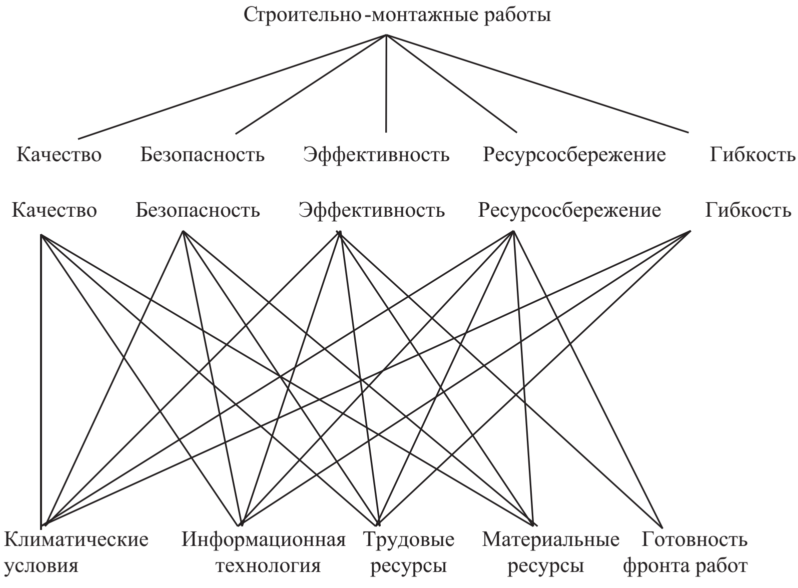

Рис. 1. Модель организационно-технологического потенциала кровельных конструкций

В ходе дальнейшего анализа структура системы может изменяться: выделяться новые уровни, элементы, синтезироваться новые компоненты, исключаться малозначимые элементы.

Для формализации полученной системы воспользуемся методиками моделирования факторных систем и многокритериальной оптимизацией. Пусть существует некоторая функция

$$y = f\left(q_n\right) \tag{1}$$

характеризующая изменение системообразующего фактора — целевая функция исследуемой системы, которую можно представить в виде

$$y = f\left(q_1,\ q_2,\ \ldots,\ q_n\right), \tag{2}$$

где $\left\{q_1,\ q_2,\ \ldots,\ q_n\right\}$ — совокупность показателей системы, от которых зависит достижения критерия оптимальности.

Предположим, что зависимость между показателями линейная. Тогда выражение (2) приобретает вид

$$P_{rc} = \sum_{i=1}^{n} q_i = q_1 + q_2 + \ldots + q_n, \tag{3}$$

где P_{rc} — единичный интегральный организационно-технологический потенциал кровельных конструкций (Potential Roof Constructions).

Показатели $\left\{q_1,\ q_2,\ \ldots,\ q_n\right\}$, объединенные в систему, утрачивают свою самостоятельность и часть свойств, но приобретают новые, присущие рассматриваемой системе, — закономерность целостности системы (эмерджентность). Частичным решением данной проблемы служит введение весовых коэффициентов, характеризующих меру влияния каждого компонента на достижение результата в свете принятых критериев.

Пусть w_i — весовой коэффициент, соответствующий i показателю, тогда выражение (3) примет вид

$$P_{rc} = \sum_{i=1}^{n} w_i q_i = w_1 q_1 + w_2 q_2 + \ldots + w_n q_n. \tag{4}$$

При постепенной формализации системы важнейшим вопросом становится однородное математическое представление показателей q_i, несущих в себе различные качественные характеристики объекта исследования. Решением является выделение трех уровней варьирования общих для всех компонентов системы (табл. 2—9).

Зимний период — наиболее отрицательный период для эффективности, качества, безопасности производственного процесса. Производственный процесс при отрицательных температурах сопровождается дополнительными трудовыми и экономическими затратами (мероприятия по проведению работ при отрицательных температурах), снижением производительности труда, качества конечной продукции.

Осенне-весенний период — имеется в виду ранневесенний и позднеосенний периоды с избыточными осадками и возможными отрицательными температурами — производственный процесс при повышенной влажности сопровождается дополнительными трудовыми и экономическими затратами (подготовка поверхностей, складирование материалов).

Летний период — наиболее благоприятный период для эффективности, качества, безопасности производственного процесса.

Производственный процесс при повышенной температуре окружающего воздуха и продолжительном воздействии прямых солнечных лучей сопровождается незначительными дополнительными трудовыми и экономическими затратами (мероприятия по проведению работ в условиях жаркого климата).

Табл. 2. Готовность фронта работ

Качественная оценка	Числовой индекс
Для подготовки фронта работ необходимо проведение дополнительных проектно-сметных процессов и договорных согласований (производственный процесс остановлен на неопределенный срок по причинам невыполнения договорных обязательств цепочки подрядчик — заказчик — инвестор, аварии, пожара или других форс-мажорных обстоятельств)	–1
Открытие фронта работ задерживается (производственный процесс затруднен (имеет позднее окончание) или остановлен по причинам незавершенности предыдущих процессов (возведение несущих, ограждающих конструкций) или нерационального совмещения смежных (монтаж фасадов, вентшахт)	0
Фронт работ определен	+1

Табл. 3. Материальные ресурсы

Качественная оценка	Числовой индекс
Материальные ресурсы, необходимые для проведения производственного процесса отсутствуют (в связи с нарушением логистики, экономики производственного процесса) и/или их качество опасно для жизни и здоровья человека (поврежденный газовый баллон или горелка)	–1
Количество и/или качество материальных ресурсов снижает эффективность производства работ (недостаточное количество инструмента и инвентаря, повреждения спецодежды, низкое качество горюче-смазочных материалов, нарушение свойств строительных материалов в результате неправильного хранения отрицательно отражается на свойствах строительно-монтажные работы)	0
Количество и качество материальных ресурсов удовлетворяет требованиям регламентирующих документов и способствует рациональному производству работ	+1

Табл. 4. Контроль качества

Качественная оценка	Числовой индекс
Рабочие + бригадир + прораб	–1
Рабочие + бригадир + прораб + технический надзор	0
Рабочие + бригадир + прораб + технический надзор + авторский надзор + государственный надзор	+1

Табл. 5. Квалификация рабочих и инженерно-технических работников

Качественная оценка	Числовой индекс
Рабочие имеют незначительный опыт по данным видам работ; низкая квалификация инженерно-технических работников	–1
Квалифицированные рабочие; квалифицированные инженерно-технические работники	0
Высококвалифицированные и опытные рабочие; квалифицированные и опытные инженерно-технические работники	+1

Табл. 6. Количество рабочих

Качественная оценка	Числовой индекс
Количество рабочих меньше либо больше нормативного по критерию эффективности	–1
Количество рабочих соответствует нормативному по критерию эффективности	0
Количество рабочих установлено по нескольким критериям с учетом специфики возводимого объекта и актуальной производительности труда	+1

Табл. 7. Информационная технология

Качественная оценка	Числовой индекс
Проект и нормативная документация	–1
Проект и нормативная документация, журналы работ, учета ресурсов, инструктажей, исполнительная и уставная документация	0
Проект и нормативная документация, журналы работ, учета ресурсов, инструктажей, исполнительная и уставная документация, технологические карты на строительные процессы, фотоконтроль, применение информационных технологий для переработки, хранения и передачи информации (электронный документооборот)	+1

Табл. 8. Климатические условия

Качественная оценка	Числовой индекс
Зимний период	–1
Осенне-весенний период	0
Летний период	+1

Табл. 9. Оценка выполнения всех мероприятий по проведению работ в определенных погодных условиях

Качественная оценка	Числовой индекс
Мероприятия не выполняются	–1
Мероприятия выполняются частично либо с нарушениями	0
Мероприятия выполняются	+1

Следующий этап формализации системы — нахождение весовых коэффициентов критериев оценки строительного процесса, показателей качества относительно каждого критерия, а затем — относительно цели. Далее необходимо выявить характер функционирования системы, установить взаимодействия компонентов друг с другом, определить результат их сочетания. Дальнейшее исследование системы ведет к проведению сложной квалиметрической экспертизы, включающей отбор нескольких экспертных групп, проведение операций с ними и обработку полученных результатов.

В представленной работе обозначены структура и модель потенциала производства кровельных конструкций жилых многоэтажных зданий, определено его место в общей модели потенциала строительного объекта. Изложено значение каждого элемента системы, с помощью математического моделирования выведен основной закон взаимодействия компонентов исследуемой системы. В заключение показан переход от различных абстрактных описаний качественных характеристик показателей системы к их однородному математическому представлению. В данной статье заложено начало будущей научной работы, посвященной оптимизации организации строительного производства кровельных конструкций, а также способствующей формированию общего потенциала ОТУР строительного объекта в целом.

Библиографический список

1. *Лапидус А.А.* Потенциал эффективности организационно-технологических решений строительного объекта // Вестник МГСУ. 2014. № 1. С. 175—180.

2. *Бережный А.Ю.* Формирование информационной базы данных для системы оценки экологической эффективности организационно-технологических решений в процессе строительного производства // Техническое регулирование. Строительство, проектирование и изыскания. 2012. № 1. С. 42—43.

3. *Сайдаев Х.Л.* Планирование эксперимента при исследовании экологического параметра в системе оценки потенциала генеральной подрядной организации // Техническое регулирование. Строительство, проектирование и изыскания. 2012. № 9. С. 48—50.

4. *Орлов К.О.* Комплексный показатель результативности проектов массовой малоэтажной застройки при использовании различных современных технологий модульного домостроения // Технология и организация строительного производства. 2013. № 1 (2). С. 40—42.

5. *Zavadskas E.K., Vilutienė T., Turskis Z., Šaparauskas J.* Multi-criteria analysis of Projects' performance in construction // Archives of Civil and Mechanical Engineering. 2014. Vol. 14. No. 1. Pp. 114—121.

6. *Лапидус А.А., Говоруха П.А.* Организационно-технологический потенциал ограждающих конструкций многоэтажных жилых зданий // Вестник МГСУ. 2015. № 4. С. 143—149.

7. *Бессонов А.К., Верстина Н.Г., Кулаков Ю.Н.* Инновационный потенциал строительных предприятий: формирование и использование в процессе инновационного развития. М. : Изд-во АСВ, 2009. 166 с.

8. *Теличенко В.И.* Пути развития инженерного потенциала на примере строительной отрасли // Alma Mater. Вестник высшей школы. 2011. № 8. С. 7—11.

9. *Jato-Espino D., Castillo-Lopez E., Rodriguez-Hernandez J., Canteras-Jordana J.C.* A review of application of multi-criteria decision making methods in construction // Automation in Construction. Sept. 2014. Vol. 45. Pp. 151—162.

10. *Xianguo Wu, Qian Liu, Limao Zhang, Skibniewski M.J., Yanhong Wang.* Prospective safety performance evaluation on construction sites // Accident Analysis & Prevention. May 2015. Vol. 78. Pp. 58—72.

11. *Joseph T.L. Ooi, Thao T.T. Le, Nai-Jia Lee.* The impact of construction quality on house prices // Journal of Housing Economics. Dec. 2014. Vol. 26. Pp. 126—138.

12. *Liu Wei.* The material optimized design methods of sports buildings // BioTechnology : An Indian Journal. 2014. Vol. 10. No. 12. Pp. 6063—6070.

13. *Chahal K.S., Emerson P.* Quality control and quality assurance in building design and construction // Journal of the Institution of Engineers (India): Architectural Engineering Division. October 2007. Vol. 88. No. OCT., 29. Pp. 16—20.

14. *Brandon P., Betts M., Wamelink H.* Information technology support to construction design and production // Computers in Industry. February 1998. Vol. 35. No. 1. Pp. 1—12.

15. *Froese T.M.* The impact of emerging information technology on project management for construction // Automation in Construction. August 2010. Vol. 19. No. 5. Pp. 531—538.

16. *de Wilde P., Coley D.* The implications of a changing climate for buildings // Building and Environment. Sept. 2012. Vol. 55. Pp. 1—7.

Поступила в редакцию в мае 2015 г.

Об авторах: **Лапидус Азарий Абрамович** — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и организации строительного производства, заслуженный строитель РФ, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, **ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8 (495) 287-49-14 вн. 31-25, 31-06, 31-07, osp@mgsu.ru;

Макаров Александр Николаевич — аспирант кафедры технологии и организации строительного производства, **ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, 8 (495) 287-49-14 вн. 31-25, 31-06, 31-07, anmakarof@yandex.ru.

Для цитирования: *Лапидус А.А., Макаров А.Н.* Формирование организационно-технологического потенциала производства кровельных конструкций жилых многоэтажных зданий // Вестник МГСУ. 2015. № 8. С. 150—160.

A.A. Lapidus, A.N. Makarov

FORMATION OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL POTENTIAL OF ROOF CONSTRUCTIONS OF RESIDENTIAL MULTI-STOREY BUILDINGS

Integral organizational and technological potential of a construction object evaluates its condition and future development. Integral organizational and technological potential is a complex system. In recent years the investigation is being conducted using the methods of system analysis. Academics examined single organizational and technological potentials: construction site, project decisions, ecological load, construction companies. On one level there is a potential of production process of a construction object. One of its parts is the organizational and technological potential of roof constructions of residential multi-storey buildings. According to the general theory of systems this potential is also a system. We considered a systematic approach and found the structure of this object. It has three levels. The first level contains subsystems: installation works, project works and construction management. The second level includes evaluation criteria: scope of work, time, prime cost, safety, flexibility, resource saving and quality. The third level includes quality indexes: climatic conditions, information technologies, supply and storage of materials, quality control, qualification of the workers and engineers, readiness of work area, amount and quality of material resources, number of workers.

This article is dedicated to the subsystem of installation works. In structural and functional analysis, including qualimetric expertise and correlation, we united the criteria “scope of work”, “time” and “prime cost” in one — “efficiency”. The components “qualification of workers and engineers”, “quality control” and “number of workers” were united in “work resources”; “amount and quality of material resources” in “material resources”; “supply and storage of materials” were excluded. In order to formalize this system we used the method of modeling factor system and multi-criteria optimization. Quality indexes included into a system lose their properties but get new ones. The use of weight coefficients solve this problem. For a uniform mathematical representation of quality indexes we distinguished three levels of variation for all indexes. The next step of research is weight coefficients determination and finding quality indexes combination. For this aim we need a complex qualimetric expertise.

Key words: organizational and technological potential, roof constructions, structure of potential, evaluation criterion, construction process, quality indicators, weight coefficient.

References

1. Lapidus A.A. Potentsial effektivnosti organizatsionno-tekhnologicheskikh resheniy stroitel’nogo ob”ekta [Efficiency Potential of Management and Technical Solutions for a Construction Object]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2014, no. 1, pp. 175—180. (In Russian)

2. Berezhnyy A.Yu. Formirovanie informatsionnoy bazy dannykh dlya sistemy otsenki ekologicheskoў effektivnosti organizatsionno-tekhnologicheskikh resheniy v protsesse stroitel'nogo proizvodstva [Formation of Informational Database for Evaluation System of Ecological Efficiency of Organizational and Technological Solutions in the Process of Construction Production]. *Tekhnicheskoe regulirovanie. Stroitel’stvo, proektirovanie i izyskaniya* [Technical Regulation. Construction, Design and Research]. 2012, no. 1, pp. 42—43. (In Russian)

3. Saydaev Kh.L. Planirovanie eksperimenta pri issledovanii ekologicheskogo parametra v sisteme otsenki potentsiala general’noy podryadnoy organizatsii [Experiment Planning at Investigation of the Ecological Parameter in the Evaluation System of General Contracting Company Potential]. *Tekhnicheskoe regulirovanie. Stroitel’stvo, proektirovanie i izyskaniya* [Technical Regulation. Construction, Design and Research]. 2012, no. 9, pp. 48—50. (In Russian)

4. Orlov K.O. Kompleksnyy pokazatel’ rezul’tativnosti proektov massovoy maloetazhnoy zastroyki pri ispol’zovanii razlichnykh sovremennykh tekhnologiy modul’nogo domostroeniya [Complex Performance Indicator of the Mass Low-rise Building Construction Projects Using Various Modern Technologies of Modular Housing]. *Tekhnologiya i organizatsiya stroitel’nogo proizvodstva* [Technology and Management of the Construction Operations]. 2013, no. 1 (2), pp. 40—42. (In Russian)

5. Zavadskas E.K., Vilutienė T., Turskis Z., Šaparauskas J. Multi-criteria Analysis of Projects' Performance in Construction. Archives of Civil and Mechanical Engineering. 2014, vol. 14, no. 1, pp. 114—121. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.acme.2013.07.006.

6. Lapidus A.A., Govorukha P.A. Organizatsionno-tekhnologicheskiy potentsial ograzhdayushchikh konstruktsiy mnogoetazhnykh zhilykh zdaniy [Organizational and Technological Potential of Enveloping Structures of Multi-Storeyed Residential Buildings]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2015, no. 4, pp. 143—149. (In Russian)

7. Bessonov A.K., Verstina N.G., Kulakov Yu.N. *Innovatsionnyy potentsial stroitel’nykh predpriyatiy: formirovanie i ispol’zovanie v protsesse innovatsionnogo razvitiya* [Innovational Potential of Construction Companies: Formation and Use in the Process of Innovational Development]. Moscow, ASV Publ., 2009, 166 p. (In Russian)

8. Telichenko V.I. Puti razvitiya inzhenernogo potentsiala na primere stroitel’noy otrasli [Development Options of Engineering Potential in Example of the Construction Branch]. *Alma Mater. Vestnik vysshey shkoly* [Alma Mater. High School Herald]. 2011, no. 8, pp. 7—11. (In Russian)

9. Jato-Espino D., Castillo-Lopez E., Rodriguez-Hernandez J., Canteras-Jordana J.C. A Review of Application of Multi-Criteria Decision Making Methods in Construction. Automation in Construction. Sept. 2014, vol. 45, pp. 151—162. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.013.

10. Xianguo Wu, Qian Liu, Limao Zhang, Skibniewski M.J., Yanhong Wang. Prospective Safety Performance Evaluation on Construction Sites. Accident Analysis & Prevention. May 2015, vol. 78, pp. 58—72. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2015.02.003.

11. Joseph T.L. Ooi, Thao T.T. Le, Nai-Jia Lee. The Impact of Construction Quality on House Prices. Journal of Housing Economics. Dec. 2014. Vol. 26. Pp. 126—138. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jhe.2014.10.001.

12. Liu Wei. The Material Optimized Design Methods of Sports Buildings. BioTechnology : An Indian Journal. 2014, vol. 10, no. 12, pp. 6063—6070.

13. Chahal K.S., Emerson P. Quality Control and Quality Assurance in Building Design and Construction. Journal of the Institution of Engineers (India): Architectural Engineering Division. October 2007, vol. 88, no. OCT., 29, pp. 16—20.

14. Brandon P., Betts M., Wamelink H. Information Technology Support to Construction Design and Production. Computers in Industry. February 1998, vol. 35, no. 1, pp. 1—12. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/S0166-3615(97)00080-8.

15. Froese T.M. The Impact of Emerging Information Technology on Project Management for Construction. Automation in Construction. August 2010, vol. 19, no. 5, pp. 531—538. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.004.

16. de Wilde P., Coley D. The Implications of a Changing Climate for Buildings. Building and Environment. Sept. 2012, vol. 55, pp. 1—7. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.03.014.

About the authors: **Lapidus Azariy Abramovich** — Doctor of Technical Sciences, Professor, chair, Department of Technology and Management of the Construction, Honored Builder of the Russian Federation, Recipient of the Prize of the Russian Federation Government in the field of Science and Technology, **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; +7 (495) 287-49-14 (ext. 31-25, 31-06, 31-07); osp@mgsu.ru;

Makarov Aleksandr Nikolaevich — postgraduate student, Department of Technology and Management of the Construction, **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; +7 (495) 287-49-14 (ext. 31- 25, 31-06, 31-07); anmakarof@yandex.ru.

For citation: Lapidus A.A., Makarov A.N. Formirovanie organizatsionno-tekhnologicheskogo potentsiala proizvodstva krovel'nykh konstruktsiy zhilykh mnogoetazhnykh zdaniy [Formation of Organizational and Technological Potential of Roof Constructions of Residential Multi-Storey Buildings]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2015, no. 8, pp. 150—160. (In Russian)