

УДК 624.05

ФОРМИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕРЕПРОФИЛИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

¹Топчий Д.В., ¹Ефремова В.Е., ²Кузин Е.А.¹НИУ МГСУ, Москва, e-mail: dvtopchiy0405@gmail.com;²Комитет государственного строительного надзора города Москвы (Мосгосстройнадзор),
Москва, e-mail: eakuzin@mail.ru

Целью статьи является анализ организационно-технических решений, позволяющий сформировать и произвести оценку процесса перепрофилирования промышленных территорий на различных этапах реализации подобных проектов. Одной из отличительных особенностей крупнейших мировых мегаполисов является наличие промышленных территорий в центральных частях городов, а также в непосредственной близости к историческим территориям. В подавляющем большинстве случаев производственные процессы на данных фабриках и заводах функционируют не в полную силу и являются неконкурентоспособными в силу различных обстоятельств. Одним из наиболее важных элементов современного развития городской среды является комплекс мероприятий, направленный на обновление (перепрофилирование) территорий сложившейся застройки мегаполиса, в том числе и производственных. Основным вектором перепрофилирования является формирование благоприятных условий проживания и эффективное использование производственного, научного, природного, социального и других потенциалов строительного комплекса. В статье рассмотрен один из методов проектирования организационно-технических решений. Метод экспертных оценок предлагается в качестве одного из способов формирования системы параметров, основанного на информации получаемой от специалистов-экспертов. Основой данного метода является комплекс психологических и математических процедур о выбранных параметрах, а также анализ и обобщения (консолидации) их с целью создания наиболее рациональных организационно-технических решений. Таким образом, метод экспертных оценок не предоставляет возможность сразу же оценить объективность, обоснованность и точность экспертной по результатам проведенного анализа организационно-технических мероприятий. Однако создает единую систему оценки перепрофилирования, дающую более широкие возможности применения. Принципы современного менеджмента качества позволяют обеспечить все контролируемые условия (критические факторы), необходимые для получения качественной экспертной оценки.

Ключевые слова: перепрофилирование территорий, организационно-технологическая модель, redevelopment промышленных объектов, организация производства, развитие городской среды, эффективность реализации проектов

FORMATION OF MATHEMATICAL MODEL PARAMETERS OF THE CALCULATION OF AN INTEGRATED ASSESSMENT OF THE QUALITY OF DESIGNING REPROFILING INDUSTRIAL OBJECTS

¹Topchiy D.V., ¹Efremova V.E., ²Kuzin E.A.¹Moscow State University of Civil Engineering (National Research University),

Moscow, e-mail: dvtopchiy0405@gmail.com;

²Committee of State Construction Supervision of the city of Moscow, Moscow, e-mail: eakuzin@mail.ru

One of the distinctive features of the world's largest megacities is the presence of industrial territories in the central parts of cities, as well as in close proximity to historical territories. In the vast majority of cases, the production processes in these factories and plants do not function in full force, and are not competitive due to various circumstances. One of the most important elements of the modern development of the urban environment is a set of measures aimed at updating (re-profiling) the territories of the existing development of the metropolis, including industrial ones. The main vector of re-profiling is the formation of favorable living conditions and effective use of industrial, scientific, natural, social and other potential of the construction complex. The article considers one of the methods of design and analysis of organizational and technical solutions that allows to form and evaluate the process of re-profiling of industrial territories at various stages of implementation of such projects. The method of expert assessments is proposed as one of the ways to form a system of parameters based on information received from experts. The basis of this method is a set of psychological and mathematical procedures about the selected parameters, as well as analysis and generalization (consolidation) of them in order to create the most rational organizational and technical solutions. Thus, the method of expert assessments does not provide an opportunity to immediately assess the objectivity, validity and accuracy of the expert assessment based on the results of the analysis of organizational and technical measures. However, it creates a single system of evaluation of re-profiling, which gives more opportunities for application. The principles of modern quality management allow us to provide all the controlled conditions (critical factors) necessary to obtain a high-quality expert assessment.

Keywords: redevelopment of territories, organizational and technological model, development of industrial facilities, organization of production, development of the urban environment, efficiency of project implementation

В настоящий момент специальная нормативно-техническая база, регламентирующая организацию строительных работ в стесненных условиях, отсутствует.

Данная тема актуальна не только в России, но и в крупных городах за рубежом. Необходимость в ведении строительства в стесненных условиях обуславливается тем,

что во всем мире наблюдается непрекращающийся рост населения и, наряду с тем, что в резервах России еще существуют незаселенные территории, подлежащие жилой застройке, согласно Положению о порядке установления границ землепользований, за рубежом данных территорий существенно меньше, что вынуждает вести новое строительство на участках бывшего использования, в том числе в условиях плотности прилегания существующих зданий и сооружений.

Одной из основных исследовательских задач является формирование математического аппарата, направленного на оптимизацию и повышение производительности работ в стесненных условиях, а также экономии трудозатрат, сроков выполнения строительно-монтажных работ с учетом соблюдения требований нормативно-технических документов в области обеспечения безопасности и сохранности объектов, попадающих в зону влияния нового строительства в ходе реализации проекта.

Целью данной статьи является анализ организационно-технических решений, позволяющий сформировать и произвести оценку процесса перепрофилирования промышленных территорий на различных этапах реализации подобных проектов.

Основными элементами исследования, для формирования единых систематических принципов, являются следующие этапы:

1) выявление факторов, наиболее сильно оказывающих влияние на технико-экономические показатели, а также соблюдение санитарно-эпидемиологических норм;

2) проведение сравнительного анализа принимаемых решений по ведению строительно-монтажных работ в стесненных условиях за рубежом и в России для выявления возможных вариантов ведения данного вида работ;

3) сбор статистических данных с помощью привлекаемых экспертов;

4) разработка математической модели, способной оценивать эффективность принимаемых организационно-технологических решений при ведении строительства в условиях плотной городской застройки;

5) апробация разработанной математической модели на объекте капитального строительства.

В качестве фундаментальной теории использовалась теория принятия решений, позволяющая оценивать возможные альтернативы предлагаемых решений при помощи выведения закономерностей среди предполагаемых результатов для дальнейшей их обработки и составления математической модели.

На данном этапе развития строительного производства отсутствуют документы, регламентирующие проведение строительно-монтажных работ на территориях с плотной городской застройкой, которые учитывали бы специфику данных работ. В связи с этим подход к данной проблеме на текущий момент является эвристическим. Разрабатываемая модель при условии внедрения ее на этапе разработки проектной документации позволит дать систематический анализ сложившейся ситуации с точки зрения специфики возведения зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки, с внесением предложений в разрабатываемый проект, учитывающих минимизацию воздействия на производство строительно-монтажных работ пагубных факторов окружающей среды.

Для оптимизации выполнения работ по осуществлению капитального строительства на урбанизированных территориях с учетом требований федеральных законов Российской Федерации, на этапе организации строительства необходимо оценивать влияние ряда факторов, неизбежно возникающих из-за плотности прилегания к объекту строительства существующих зданий и сооружений и определяющих стесненные условия строительства.

В зарубежных странах, как и в России, нормативных документов, определяющих особые правила ведения строительства в условиях плотной городской застройки, не предусмотрено. Эффективность работы организационной модели для ведения строительства в таких условиях практически полностью зависит от специалистов, занимающихся данным вопросом. От уровня их компетенций и опыта работы по ведению строительства на урбанизированных территориях.

Инструментом, регулирующим ведение строительных работ, оцененных по сложности с точки зрения стесненности, при помощи показателя плотности городской застройки Pub, должна выступать система менеджмента качества (СМК), внедренная на организации.

В условиях рыночной экономики страны предложенный порядок ведения строительных работ, а именно: нормирование расходов заказчика на организацию строительного производства, организация систематизированного контроля всех этапов строительства с учетом плотности сложившейся городской застройки, позволит отечественным строительным организациям выйти на новый уровень конкуренции на мировом рынке.

Оценка методов ведения строительного производства на урбанизированных

территориях ведется без использования количественных показателей, не учитывается полный объем степени влияния внешних факторов. Поэтому форма организации строительного производства при заданных условиях не является наиболее оптимальной, а завершённый объект чаще всего полностью не соответствует установленным требованиям заказчика и нормативным документам.

В многокритериальных задачах оптимального проектирования возникает необходимость объективной оценки важности частных критериев, включаемых в аддитивный критерий оптимальности. Оценивают важность частных критериев с помощью коэффициентов (весов). Величина определяет важность i -го критерия оптимальности и задает в количественном измерении предпочтении i -го критерия над другими критериями оптимальности. Весовые коэффициенты должны удовлетворять условию [1]

$$\sum_{i=1}^m \lambda_i = 1 \quad (1)$$

Однако перед тем, как приступить к расчетам весов, необходимо произвести статистическую обработку результатов экспертных оценок, которая подобна статистической обработке результатов измерений.

Материалы и методы исследования

Это необходимо в связи с тем, что на достоверность экспертизы существенно влияют такие факторы, как численный состав экспертной группы, уровень компетентности экспертов; состав вопросов, представляемых экспертам, и т.д. Индивидуальные экспертные оценки также носят на себе печать случайности: самочувствие, настро-

ение, обстановка, а также знание и опыт. То есть необходимо определить согласованность экспертов, то есть надежность полученных от них данных [2].

Таким образом, будем рассматривать результаты оценок каждого из экспертов как реализацию некоторой случайной величины, то есть будем применять к ним методы математической статистики. Среднее значение оценки для i -го критерия определяется следующим образом [3]:

$$r_{cp.i} = \frac{\sum_{j=1}^L r_{ji}}{L} = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^L r_{ji} = \frac{r_i}{L}, \quad (2)$$

где r_{ji} – оценка j -го эксперта, присвоенная i -му параметру; L – количество экспертов.

Таким образом, получим [4]:

В табл. 2 представлены средние значения, которые выражают коллективное мнение группы экспертов.

Степень согласованности мнений экспертов характеризуется дисперсией оценок, которая рассчитывается по следующей формуле [5]:

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{L} \sum_{j=1}^L (r_{ji} - r_{cp.i})^2. \quad (3)$$

Дисперсия – это мера разброса значений случайной величины относительно ее математического ожидания. Дисперсия в нашем случае показывает, насколько в среднем оценки экспертов согласованы, сгруппированы около среднего значения. При этом, чем меньше значение дисперсии, тем с большей уверенностью можно опираться на найденные значения оценки степени важности частного критерия P_i . Результаты приведены в табл. 2 [6].

Таблица 1

Средние значения оценок экспертов

Критерий	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}
Среднее значение ($r_{cp.i}$)	14,39	8,89	13,17	4,31	3,82	2,89	8,50	7,43	11,29	5,23
Критерий	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{15}					
Среднее значение ($r_{cp.i}$)	12,37	13,17	9,49	2,78	2,30					

Таблица 2

Дисперсия по генеральной совокупности

Критерий	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}
Дисперсия (σ_i^2)	0,55	2,13	2,33	0,25	1,29	1,32	1,78	0,24	0,46	2,43
Критерий	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{15}					
Дисперсия (σ_i^2)	2,74	1,42	1,43	2,50	0,75					

Результаты исследования и их обсуждение

Анализируя полученные дисперсии по генеральной совокупности, можно сделать вывод о том, что оценки экспертов согласованы между собой, поэтому можно опираться на полученные результаты опроса.

Вернемся к массиву данных, полученному после обработки обратной связи от опрашиваемых экспертов, для определения весов каждого из представленных параметров.

Просуммируем оценки, полученные от экспертов, по каждому показателю и определим весовые коэффициенты следующим образом [7]:

$$\lambda_i = \frac{r_i}{\sum_{i=1}^{15} r_i}, \quad (4)$$

где r_i – сумма экспертных оценок i -го критерия. Результаты приведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, наибольшие веса имеют параметры:

- 1) P_1 , вес которого $\lambda_1 = 0,12$;
- 2) P_3 , вес которого $\lambda_3 = 0,11$;
- 3) P_9 , вес которого $\lambda_9 = 0,094$;

4) P_{11} , вес которого $\lambda_{11} = 0,103$;

5) P_{12} , вес которого $\lambda_{12} = 0,11$;

6) P_{14} , вес которого $\lambda_{13} = 0,079$.

Сумма весов данных параметров составляет более 70 % от общей суммы весов. Тогда, исключая незначимые параметры из анализа, получаем следующие веса для оставшихся критериев:

Выведем значения данных параметров [10]:

Математическая модель расчета комплексной оценки качества проектирования перепрофилирования промышленных объектов по формуле (4) имеет вид [11]:

$$V = \sum_{i=1}^n w_i P_i = w_1 P_1 + w_2 P_2 + \dots + w_n P_n.$$

Учитывая отобранные параметры методом экспертных оценок и определенные значения весов данных параметров в предыдущем разделе, модель расчета принимает следующий вид [12]:

$$V = \sum_{i=1}^n w_i P_i = 0,195 * P_1 + 0,178 * P_3 + 0,153 * P_9 + 0,167 * P_{11} + 0,178 * P_{12} + 0,128 * P_{13}. \quad (5)$$

Таблица 3

Результаты определения весов организационно-технологических параметров [8]

Критерий	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}
Сумма (r_i)	1482	916	1356	444	393	298	876	765	1163	539
Веса (λ_i)	0,120	0,074	0,110	0,036	0,032	0,024	0,071	0,062	0,094	0,044
Критерий	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{15}					
Сумма (r_i)	1274	1356	977	286	237					
Веса (λ_i)	0,103	0,110	0,079	0,023	0,019					

Таблица 4

Веса отобранных организационно-технологических параметров [9]

Критерий	P_1	P_3	P_9	P_{11}	P_{12}
Сумма (r_i)	1482	1356	1163	1274	1356
Веса (λ_i)	0,195	0,178	0,153	0,167	0,178

Таблица 5

Значения отобранных организационно-технологических параметров

Параметр	Значение
P_1	Наличие реализованных проектов-аналогов
P_3	Использование BIM-технологий (наличие в штате BIM-менеджера и BIM-координаторов каждого из разделов проекта)
P_9	Сетевой диск с общим доступом для сотрудников компании для возможности оперативного обмена данными
P_{11}	Количество реализованных проектов у ГИПа не менее 10 с общим бюджетом не менее 5 млрд руб.
P_{12}	Опыт взаимодействия с государственными учреждениями в области корректировки ППТ (проекта планировки территории) и ПЗЗ (правил застройки и землепользования)
P_{13}	Наличие оборотных средств в организации в размере половины стоимости договора на проектирование

Учитывая, что значениями параметров могут быть «-1», «0», «+1», наша система может иметь 216 различных состояний. При этом, учитывая, что сумма весов параметров равна 1, имеем следующее условие:

$$1 > V > -1. \quad (6)$$

Заключение

Таким образом, сформирована и опробована группа экспертов в области проектирования. Данные, полученные по результатам опроса, обработаны, выделены основные параметры, оказывающие влияние на комплексную оценку качества проектирования перепрофилирования промышленных объектов. Подсчитаны веса влияния организационно-технологических параметров на комплексную оценку, определена зависимость комплексной оценки от организационно-технологических параметров.

Список литературы

1. Топчий Д.В., Юргайтис А.Ю., Бабушкин Е.С., Зueva Д.Д. Разработка методологии комплексного контроля на объектах строительства, реконструкции перепрофилирования // Обеспечение качества строительства в г. Москве на основе современных достижений науки и техники: сборник трудов Первой совместной научно-практической конференции ГБУ «ЦЭИИС» и ИПРИМ РАН. М., 2019. С. 267–272.
2. Лapidус А.А. Оптимизация управления девелоперскими проектами // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2008. № 3 (110). С. 50–52.
3. Zueva D.D., Babushkin E.S., Topchy D.V., Yurgaitis A.Yu. Construction supervision during capital construction, reconstruction and re-profiling. MATEC Web of Conferences. 2019. Vol. 265. DOI: 10.1051/mateconf/201926507022.
4. Лapidус А.А. Успешный опыт управления строительными проектами // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2008. № 6 (113). С. 86–88.
5. Ишин А.В., Лapidус А.А., Теличенко В.И., Туманов Д.К., Ершов М.Н., Олейник П.П., Фельдман О.А. Развитие методов технологии и организации строительного производства для решения проблем энергоэффективности // Технология и организация строительного производства. 2014. № 2. С. 10–16.
6. Воловик М.В., Ершов М.Н., Ишин А.В., Лapidус А.А., Лянг О.П., Теличенко В.И., Олейник П.П., Туманов Д.К., Фельдман О.А. Современные подходы к решению вопросов организационно-технологического проектирования // Технология и организация строительного производства. 2013. № 3 (4). С. 10–16.
7. Abramov I. Formation of integrated structural units using the systematic and integrated method when implementing high-rise construction projects. HRC 2017 (HIGH-RISE CONSTRUCTION-2017) E3S Web of Conferences. D. Safarik, Y. Tabunschikov and V. Murgul (Eds.). 2018. № 33. DOI: 10.1051/e3sconf/20183303075.
8. Kanjanabootra Sittimont, Brian Corbitt. Reproducing Knowledge in Construction Expertise: A Reflexive Theory, Critical Approach. Construction Management and Economics. 2016. № 34 (7–8). DOI: 10.1080/01446193.2016.1151064.
9. Newton Sidney. The Being of Construction Management Expertise. Construction Management and Economics. 2016. № 34 (7–8). DOI: 10.1080/01446193.2016.1164328.
10. Hughes W.P. Identifying the Environments of Construction Projects. Construction Management and Economics. 1989. № 7 (1). P. 29–40. DOI: 10.1080/01446198900000004.
11. Chan Paul W. Expert Knowledge in the Making: Using a Processual Lens to Examine Expertise in Construction. Construction Management and Economics. 2016. № 34 (7–8). DOI: 10.1080/01446193.2016.1190851.
12. Topchiy D., Yurgaytis A., Babushkin E., Zueva D. Construction supervision during capital construction, reconstruction and re-profiling. MATEC Web Conf, 2019, Volume 265, International Geotechnical Symposium «Geotechnical Construction of Civil Engineering & Transport Structures of the Asian-Pacific Region» (GCCETS 2018). DOI: 10.1051/mateconf/201926507022.