

DOI: 10.12737/article\_5a816be4a063d1.42360453

Жаров Я.В., канд. техн. наук,

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

## ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

yazharov@yandex.ru

Научная и практическая задача повышения качества организационно-технологических решений в строительстве нуждается в новых методах решения, особенно это актуально при проектировании и строительстве уникальных, сложных проектах. Задача эта связана с необходимостью обрабатывать значительное количество информации в сжатые промежутки времени. В ходе исследования установлена целесообразность применения оперативных оценок параметров организационно-технологических решений на основе математических методов. Автором используется метод прогноза и оценки интегральных параметров проектных решений в основе которого лежит нейросетевая модель. Используемый метод предполагает формирование обучающей матрицы в состав которой входят ключевые показатели реализованных (пилотных). Метод позволяет учитывать применение технических решений и отдельных конструктивных параметров строительных изделий в различных условиях внешней среды, оценить риски сопутствующие реализации рассматриваемых организационно-технологических решений. Применение предложенной модели, осуществляющей анализ рисков организационно технологических решений в разрезе конкретного объекта строительства, имеет преимущества относительно рассмотрения решений без привязки к объекту и его внешней среде. В результате выбор организационно-технологического решения становится более обоснованным, за счет учета суммарных рисков.

**Ключевые слова:** организационно-технологические решения, организация строительства, технологическое проектирование, нейронная сеть, принятие решения в строительстве, информационное моделирование.

**Введение.** Современные задачи организационно-технологического моделирования в строительстве подразумевают увязку значительного количества параметров как в пространстве, так и во времени. Работа осложняется необходимостью решений локальных организационно-технологических задач (выбора оптимальных составляющих) в цепочке с многочисленными комбинациями проектных решений. На помощь в решении задач, требующих обработки большого массива данных, строительная отрасль прибегает, как и большинство других отраслей, к методам компьютерного моделирования. В настоящее время такие методы развиваются по пути наращивания системы координат и уже сейчас 3D модели трансформируются в 6D модели, включающие в себя помимо пространственных координат, временные, стоимостные, технологические [1]. Проектные организации в своей работе опираются на геологические информационные системы, применяют широкий перечень ERP-систем, PM-программ, в отдельных случаях специализированные программные комплексы для осуществления проектных и технологических расчетов [2]. В целом эффективность концепции информационного моделирования доказана как в научных кругах, так и на реальных проектах, однако создание подобных моделей до сих пор

крайне трудоемко и целесообразно только при использовании на протяжении всего жизненного цикла проекта [3]. Несмотря на, казалось бы, высокую эффективность работы проектных организаций, соблюдение графика производства работ подрядной организацией остается крайне сложной задачей, а за частую и не выполнимой по объективным причинам и воздействиям техногенного и социального характера, возникающих в ходе реализации проекта. В данном случае целесообразно сконцентрироваться на аспектах, которые возможно смоделировать при помощи современных информационных систем, одной из которых является слабая увязка организационно-технологических решений при параллельном и поточном методах работ [4].

Глубокое внедрение информационного моделирования в российскую строительную практику осуществляется с определенными трудностями, которые влияют как на временные рамки, так и на комплексный подход в этом вопросе [5-7]. Для снятия такого рода ограничений целесообразно рассмотреть ряд вопросов относительно возможности применения нейросетевых моделей для оценки эффективности решений отдельных задач, возникающих при организационно-технологическом проектировании в строительстве и

оценке организационно-технологической составляющей проекта реализации строительства в целом.

Очевидно, что основными требованиями на стадии реализации объекта является: требования к качеству, срокам реализации, а главное стоимости строительства, именно по этим показателям происходит выбор проектно-технологических решений. Если рассматривать ситуацию нарушения графика производства работ, важнейшие параметры проекта: сметная стоимость строительства, срок реализации проекта, качество конечной продукции, вызванное нарушением технологической последовательности выполнения работ по факту выполнения работ могут существенно отличаться от тех, на основании которых сформировано техническое задание, проведены тендеры и выбор подрядных организаций, и тем более от тех, на основании которых определены проектные решения [8, 9].

**Методология.** В рамках системного подхода к решению задач организационно-технологического моделирования при выборе оптимального варианта проектно-технологического решения необходимо ориентироваться на такие критерии, как сметная стоимость проекта, сроки реализации, параметры качества объекта а также учитывать определенный перечень рисков, которые сопутствуют при реализации того или иного варианта технологического решения (технология, пространственное положение относительно окружающих объектов, конструктивные составляющие) [10]. Таким образом, при выборе организационно-технологического решения, необходимо использовать модели, позволяющие учесть синергетических эффект факторов, которые в значительной степени отражаются на реализации проекта. В рамках данной статьи предлагается использовать эмпирический метод к построению моделей и их применению для оценки организационно-технологических решений на стадии организационно-технологического проектирования.

Для определения роли и места инструмента оперативной оценки параметров организационно-технологических решений в структуре реализации проекта рассмотрим ее детально. В самом общем виде схема процедуры реализации инвестиционно-строительного проекта может быть разбита на этапы (рис. 1). Ошибки при разработке проектных организационно-технологических решений еще на ранних стадиях реализации проекта, могут привести в итоге к существенному отклонению временных, стоимостных и технологических показателей по проекту. Учитывая ресурсоемкость проектно-изыскательских

работ, согласования проектных и организационно-технологических решений, а также необходимость утверждения окончательного варианта проекта, наряду с глубокой интеграцией этих процессов в график реализации инвестиционно-строительного проекта, ошибки и недоработки по проекту на этих этапах являются наиболее критичными для основных показателей реализации проекта [11–13].

С целью повышения качества проектных решений целесообразно применения актуальных методов проектирования на базе технологии информационного моделирования, с созданием комплексной модели реализации как строительной, так и эксплуатационной части инвестиционно-строительного проекта. Наряду с созданием более качественной проектной документации формируется значительная наработка для снижения ресурсозатрат на создания рабочей документации, подобные методы позволяют детализировано отнестись к выбору исполнителя работ [14, 15].

В сложившейся практике выбор исполнителя работ производится либо на конкурсной основе, где основным критерием является стоимость выполнение работ, либо из существующей базы контрагентов заказчика. В первом случае существуют риски несоответствия результатов работы контрагента: срыв сроков и качество выполнения работ не соответствует требованиям заказчика, во втором случае существует риск получения завышенной стоимости выполнения работ.

Оценка параметров организационно-технологических решений.

Формирование организационно-технологического решения – это ресурсоемкий процесс, с большим количеством вовлеченных участников и заинтересованных сторон. Именно поэтому, а также из-за невозможности найти оптимальные решения на основе строгих математических критериев и формальных методов, при оценке строительных проектов необходимо использовать экспертную информацию. К основным приоритетам, учитываемым при реализации любого инвестиционно-строительного проекта, можно отнести: уменьшение стоимости строительства ( $K_c \rightarrow \min$ ), сокращение сроков строительства, ( $K_t \rightarrow \min$ ), обеспечение производственной, экологической безопасности в ходе реализации проекта ( $K_b \rightarrow \min$ ) и обеспечение эксплуатационное надежности ( $K_{\varepsilon} \rightarrow \max$ ) [16].

**Основная часть.** Исходной точкой для начала процесса проектирования организационно-технологического решения на определенны вид строительно-монтажных работ являются технические условия проекта, которые регламентируют функциональное назначение и конструк-

тивно-технологические параметры, однако длительность реализации отдельных процессов может быть увеличена и/или совмещена параллельно с другими процессами, с целью оптимизации стоимости выполнения работ [17,18]. На основании этой информации проектная организация или инжиниринговая компания подготавливает варианты организационно-технологических решений  $D_1, D_2, \dots, D_n$  с учетом:

- конструктивных особенностей объекта;

- внешних ограничений строительного участка (пространственные ограничения, временные, транспортная доступность и пр.);
- наличие трудовых ресурсов в районе строительства;
- возможность применения определенных машин и механизмов (подъемные механизмы, буровые установки для туннелей, механизмы и приспособления для возведения линейных объектов).

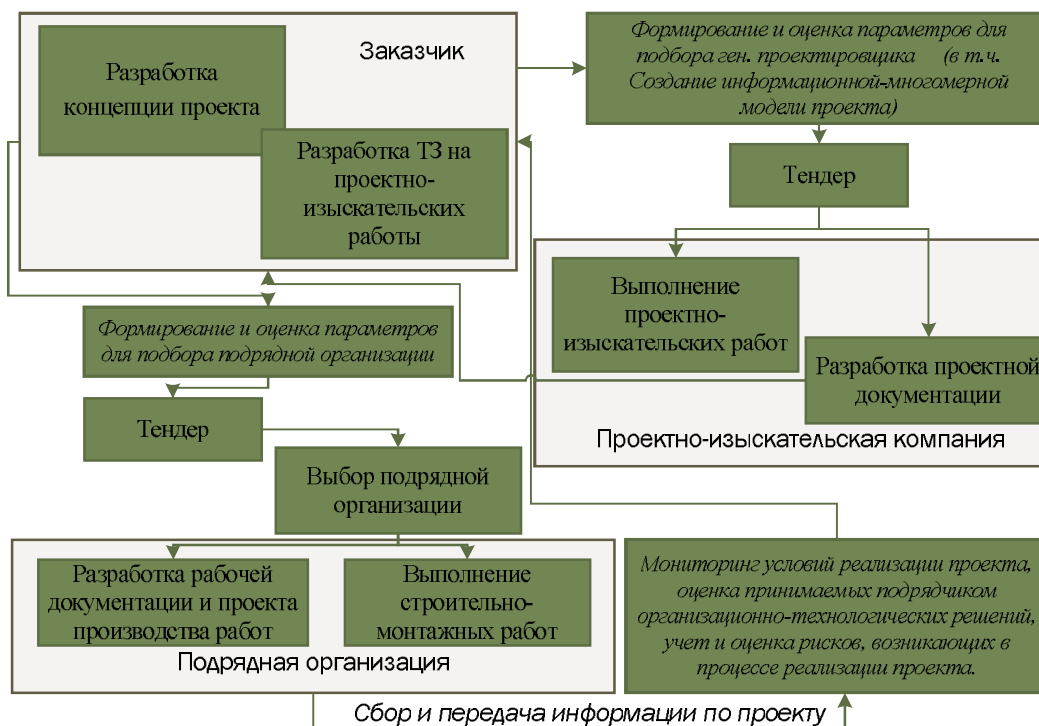


Рис. 1. Этапы реализации инвестиционно-строительного проекта

Исходя из задач организационно-технологического проектирования, организационно-технологический процесс можно представить в виде информационной модели:

$$D_i \{O_i, T_i, I_{ci}, I_{ti}, C_i\} \quad (1)$$

где  $O_i$  – параметры, характеризующие внешнюю среду объекта;  $T_i$  – параметры организационно-технологического решения;  $I_{ci}, I_{ti}$  – интегральные характеристики проекта: стоимость проекта, сроки его реализации;  $C_i$  – конструктивные параметры объекта.

Для оценки вариантов организационно-технологических решений, на этапе их принятия необходимо учитывать наряду с интегральными характеристиками информационной модели ( $I_{ci}, I_{ti}$ ) вероятность надежности реализации проектного решения без существенных отклоне-

ний от проектных параметров качества. Применение тех или иных технологий и отдельных конструктивных параметров строительных изделий в различных условиях внешней среды имеет различные риски. Модель эффективного учета таких рисков основывается на инструменте оперативной оценки параметров организационно-технологических решений.

Если рассматривать  $n$  вариантов организационно-технологического решения  $D_1, D_2, \dots, D_n$ , то для каждого из которых определены  $\{I_{c1}, I_{t1}\} = y_1, \dots, \{I_{cn}, I_{tn}\} = y_n$ . В результате реализации решения фактические значения  $y_{1ф}, y_{2ф}, \dots, y_{nф}$  будут отличаться от проектных.

$$\delta_i = y_{iф} - y_{in}, \text{ где } i = [1, n], \quad (2)$$

С учетом исключения форс-мажорных обстоятельств, величина будет зависеть от сочетания параметров внешних условий площадки

строительства и непосредственно технологических особенностей, используемых в проектных решениях [19]. В том случае если технологии, лежащие в основе проектных решений схожи или идентичны, то  $\delta$  зависит в большей степени от условий площадки строительства, а также конструктивных условий объекта строительства. В конечном итоге каждый рассматриваемый вариант организационно-технологического решений в проекте допускается характеризовать определенной вероятностью отступления от проектных параметров. Для определения  $p(\delta > \delta_{кр})$ , где  $\delta_{кр}$  – значение предельно допустимого отклонения. Наряду с применением экспертного подхода к решению подобных задач, значительной точности можно добиться эмпирическим методом, с учетом ключевых параметров ранее реализованных проектов [20, 21].

На основе ключевых показателей или в случае доступности детальной проектно-технологической и сметной документации о ранее реализованных проектах строительства. Формируем обучающую матрицу –  $ML$ . Обучающая матрица обеспечивает связь между условиями реализации проекта, организационно технологического решения и интегральными параметрами проекта.

В состав обучающей матрицы входят следующие элементы:

$$O_{j1}, O_{j2}, \dots, O_{jn}, T_{i1k}, T_{i2k}, \dots, T_{ipk}, \delta_j \quad (3)$$

где  $O_{j1..n}$  – параметры, характеризующие внешнюю среду объекта;  $T_{ik}$  – параметры организационно-технологического решений, задаваемый оператором, для оценки данной технология;  $p$  – количество рассматриваемых вариантов организационно-технологического решений одной задачи;  $\delta_j$  – отклонение плановых показателей по проекту от фактических значений для интегральных параметров проекта.

При условии, что обучающие примеры, наполняющие матрицу  $ML$ , могут быть достаточно разнородны, поэтому конкретный способ кодирования в ходе процесса обработки зависит от той модели, которую мы хотим использовать для оценки  $\delta$ . В общем виде эта модель имеет вид:

$$\delta = f(D)\{O_i, T_i, I_{ci}, I_{ii}, C_i\} \quad (4)$$

Оптимальным способом решения построенной модели с учетом объема доступной информации для формирования обучающих примеров могут быть построены модели нейронной сети об-

ратного распределения, допускается объединение нейросетевого подхода с аппаратом нечетких множеств.

В целом процедура принятия решений включает следующие этапы:

- создание обучающие матрицы – включающие данные о ранее реализованных объектах;
- построение модели на основе обучающих матриц;
- вычисления прогнозных показатели рисков для всех потенциально применимых при строительстве организационно-технологических решений.

Наложение допущений и ограничений: при вычислении делаем допущение, что внешние условия неизменны для вариантов.

**Выводы.** В результате применения описанной методики оперативной оценки параметров организационно-технологических решений их выбор для конкретного объекта строительства становится более обоснованным, за счет учета суммарных рисков.

В случаях применения данного подхода для разработки и принятия организационно-технологических решений при проектировании и строительстве уникальных и сложных объектов необходимо отметить, что получение точности результатов достигается рассмотрением совокупности отдельных организационно-технологических решений по проекту.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жаров Я.В. Решение задач организационно-технологического проектирования при помощи методов многомерного моделирования // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 3 (31). С. 106–110.
2. Kim C.Y., Hong S.W. Fuzzy logic approach for the design of reinforcement in tunnel excavation [Логический подход для проектирования армирования подземных туннелей. Korea. Geotechnical Engineering Reserch. Dept. 2004.
3. Tah J.H.M., Carr V. A proposal for construction project risk assessment using fuzzy logic // Construction Management and Economics. 2000.
4. Сборщиков С.Б., Лазарева Н.В., Жаров Я.В. Основные теоретические положения логистики регулирующих воздействий в инвестиционно-строительной сфере // Вестник МГСУ. 2014. № 7. С. 174–183.
5. Жаров Я.В. Многомерное моделирование на основе блочно-кластерной структуры модели. // Научное обозрение. 2015. № 16. С. 432–436.
6. Олейник П.П., Бродский В.И. О новых требованиях к организации приемки

законченных строительством объектов // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 9. С. 56–60.

7. Журавлев П.А. Цена строительства и этапы ее формирования. // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 9 (104). С. 174–178.

8. Aleksanin A., Sborshikov S. Specifics of system of external influences on the life cycle of a construction object // Matec web of conferences 5. Ser. "5th international scientific conference" Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education. IPICSE 2016. 2016. С. 05013.

9. Ключев В.Д., Журавлев П.А. Планирование капитального ремонта. Проблемы и пути их решения // Вестник МГСУ. 2011. № 2–2. С. 278.

10. Zhang S. et al. Building information modeling (BIM) and safety: Automatic safety checking of construction models and schedules // Automation in Construction. 2013. Т. 29. С. 183–195.

11. Shou W. et al. A comparative review of building information modelling implementation in building and infrastructure industries // Archives of computational methods in engineering. 2015. Т. 22. №. 2. С. 291–308.

12. Chong H.Y., Wang X. The outlook of building information modeling for sustainable development // Clean Technologies and Environmental Policy. 2016. Т. 18. №. 6. С. 1877–1887.

13. Porras-Díaz H. et al. Technologies" Building Information Modeling" budgeting in construction of reinforced structures // Entramado. 2015. Т. 11. №. 1. С. 230–249.

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

Я.В. Структура и состав системотехнической модели устойчивого развития инвестиционно-строительной деятельности // Вестник МГСУ. 2014. № 2. С. 210–218.

15. Алексанин А.В. Особенности влияния внешних факторов на строительный объект // Научное обозрение. 2017. № 6. С. 12–15.

16. Хрипко Т.В. Анализ дополнительных требований к участникам закупки отдельных видов товаров, работ, услуг в строительной отрасли // Научное обозрение. 2016. № 13. С. 241–243.

17. Белякова А.П., Ковалева Л.С. BIM-технологии: преимущество внедрения в инвестиционно-строительные проекты российских компаний // Экономика и предпринимательство. 2017. № 4-2 (81-2). С. 642–647.

18. Papelniuk O. Systematization of Costs and Effects as a Method of Costs Management in Innovative Projects of Underground Construction // Procedia Engineering. 2016. Т. 165. С. 1310–1316.

19. Алексанин А.В. Вопросы устойчивого развития строительства в резолюции ООН. // Вестник белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 7. С. 28–31.

20. Лapidус А.А., Макаров А.Н. Теория нечетких множеств на этапах моделирования организации строительных процессов возведения многоэтажных зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 6. С. 66–71.

21. Гинзбург В.М. Проектирование информационных систем в строительстве: Информационное обеспечение. М.: Изд-во АСВ. 2002. 319 с.

#### Информация об авторах

**Жаров Ярослав Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации и управления в строительстве.

E-mail: yazharov@yandex.ru.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.  
Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26

Поступила в декабре 2017 г.

© Жаров Я.В., 2018

#### Ia.V. Zharov

#### ASSESSMENT OF OPTIONS FOR ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS BASED ON NEURAL NETWORK MODELS

*The scientific and practical task of improving the quality of organizational and technological solutions in construction requires new methods of solution, especially in the design and construction of unique, complex projects. This task is associated with the compilation of a significant amount of information at short intervals. In the course of the study, it was established that it is expedient to use operational estimates of the parameters of organizational and technological solutions based on mathematical methods. The author uses the method of forecasting and estimating the integral parameters of design solutions based on the neural network model.*

---

*The method used assumes the formation of a training matrix, which includes key indicators of implemented (pilot). The method allows taking into account the application of technical solutions and individual design parameters of building products in different environmental conditions, assessing the risks associated with the implementation of the organizational and technological solutions under consideration. The application of the proposed model, which carries out the analysis of the risks of organizational and technological solutions in the context of a specific construction object, has the advantages of considering solutions without reference to the object and its external environment. As a result, the choice of the organizational and technological solution becomes more justified, taking into account the total risks.*

**Keywords:** *design solution, management of construction, production engineering, neural network model, decision under risk, information modeling.*

---

*Information about the author*

**Iaroslav V. Zharov**, PhD, Assistant professor.

E-mail: yazharov@yandex.ru

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University).

Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26.

---

*Received in December 2017*