

Обобщение опыта выбора организационно-технологических решений при возведении зданий

С.А. Синенко¹, И.Н. Дорошин¹, И.Х. Гергоков²

¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
²ООО "Техстрой"

Аннотация: В данной статье рассматриваются методики поиска наилучших с точки зрения заданного критерия организационно-технологических решений в процессе строительства. Данные методики решения задач строительного производства разработаны или разрабатываются в разных институтах Российской Федерации. В статье проанализированы некоторые из возможных методик выбора на основе средств автоматизации и механизации.

Следует выделить три основных метода принятия решения о способе выполнения строительных работ: а) мозговой штурм непосредственно задействованных в принятии решений инженеров; б) аналитический подход, т.е. осуществление выбора способа выполнения строительно-монтажных работ с помощью исследования проблемы поиска "совершенного в заданных условиях строительства решения"; в) математическое моделирование, т.е. применение технологии информационного моделирования зданий (ViM) в составе систем автоматизированного проектирования (САПР).

Ключевые слова: организационно-технологические решения, информационное моделирование зданий (ViM), системы автоматизированного проектирования (САПР), сетевая модель, строительный процесс, технологическая карта.

Введение

Строительство в настоящее время является сложным и многообразным процессом, который не только ставит трудные задачи, обладает изменчивостью, но и постоянно требует принятия новых решений (например, в области организации строительного производства). Нахождение правильных организационно-технологических и менее затратных решений в процессе строительства - одна из непосредственных задач строительного производства, к решению которой привлечены основные институты РФ, близкие к этой проблеме. Все это действительно актуально, когда новая строительная технология применяется впервые, а также если некоторые данные проекта изменяются, что иногда сказывается на формировании новой технологии и усовершенствовании методов организации производства [1].

Теперь известно, что является главным фактором при выборе организационно-технологического решения при строительстве объектов, но на основе существующих методов нельзя однозначно сформировать технологию и организацию выполнения строительства, так как нет полной формализации данного метода; сложно исследовать все имеющиеся варианты; этот метод не позволяет осуществить вероятностный прогноз способов строительства, не допускает адекватного анализа возмущающих воздействий; недостаточно правильно и четко осуществляется само сравнение вариантов.

На данный момент, необходимо осуществить формализацию данного подхода на всех этапах, а также реализовать процесс определения прямых и обратных связей для конкретных задач выбора технологии строительства зданий.

Результаты проведенного исследования [2,3], целью которого являлось обоснование методов разработки и осуществления новых технологий в строительстве дают возможность высказать мнение, что в процессе подготовки данной работы выявляются проблемы, которые нельзя решить автоматизированным способом, и поэтому строительная и проектная документация готовится гораздо дольше.

Существующая ситуация возникла из-за плохой разработки этапов принятия решений и их алгоритма.

Так, сложно формализовать, например, задачу определения структуры ОТР.

Это произошло из-за того, что формирование правильных ОТР, на которых основаны эффективные строительные процессы (СП), базируются на квалификации, навыках и интуиции специалиста по технологии работ.

Формализовать такую задачу можно в виде перебора различных структур в определенных множествах с очень большим, но конечным числом элементов.

Формирование решения — это весьма сложная операция, требующая значительных затрат времени. Сложно формализовать следующие этапы нахождения ОТР: определение СП, формирование ресурсов, поиск очередности переходов и нахождение оптимального ОТР для разных переменных.

Имеющиеся средства автоматизации начального этапа строительства учитывают определенное взаимодействие со специалистом в интерактивном режиме [4,5].

Фактически СП формирует технолог, но он учитывает заданное конструктивно-технологическое решение (КТР), в системе он опирается на дополнительные данные, фактическую информацию о строительстве, использует базы данных (БД) организации, осуществляющей строительство [6].

Такие программы, действительно помогая технолог и убыстряя его работу, не способны формировать ОТР, на самом деле являясь электронными средствами.

В них также СП формирует инженер, используя интуицию и опыт, он не всегда получает оптимальное ОТР и на формирование его уходит значительное время.

Совершенствование компьютерного моделирования привело к дальнейшему совершенствованию методов и программ, которые помогают рационализации организации и технологии строительства на основе информационных систем. Важную часть при этом занимают научные и прикладные методы искусственного интеллекта (ИИ) [7].

При этом для оптимизации ОТР необходимо обосновать взаимодействие со средствами управления проектами в строительном производстве, фактически осуществляя «управление изменениями». Таким образом, можно совершенствовать не только затраты труда для СП, но и их последовательность, средства управления.

Очевидно, что осуществление интеграции даст возможность улучшить работу и эффективность автоматизированных средств.

Материалы и методы

В настоящий момент существует несколько базовых методов, имеющих особенные подходы и дающих возможность найти решение, т.е. выбрать необходимый способ выполнения работ [8,9,10].

Первый подход представляет собой творчество инженера, который пытается найти лучшее на данный момент решение и осуществляет выбор путем перебора определенных вариантов, иногда не задумываясь об этом, без конкретной модели данной проблемы.

Аналитическое решение путем выбора оптимальных технологий работ, осуществляемое с помощью исследования проблемы поиска "совершенного в данных условиях решения", можно считать подходом **второго направления**. Данный подход к осуществлению поиска рационального организационно-технологического решения в строительстве также очень важен. Имеется несколько методик аналитического исследования проблем, и самая рациональная из них разработана немецкими специалистами.

И наконец, **третий подход** - когда на базе современных информационных технологий и развития вычислительной техники, например, BIM и специальных достижений прикладной математики (например, исследование операций, системный подход и т.д.) - определение наилучшей технологии находится как решение задач математического моделирования.

BIM технология построения информационных моделей (Building Information Modeling) основана на достижениях существующей в настоящий момент системы автоматизированного проектирования (САПР). Причем она отличается от последней тем, что кроме пространственного моделирования, имеет базу данных модели, подробно описывающей технологические, технические, инженерные, экономические, ценовые особенности здания. При наличии конкретных проблем может быть внесена дополнительная юридическая, исполнительная, географическая и другая информация, причем основным моментом являются решения в области технологии для определенных работ.

«Благодаря технологическому прогрессу и распространению технологии информационного моделирования зданий (BIM) появляются новые возможности для совершенствования процессов проектирования, например, технология 4D BIM (3D модель + время) позволяет связывать компоненты здания с календарным планом строительства и визуально отображать процесс строительства. Использование данных, хранящихся в информационной модели здания (BIM), их интеграция с данными уже реализованных проектов, использование программного обеспечения планирования, дальнейшее продвижение в области развития алгоритмов автоматизации позволит сократить время, повысить качество процесса создания графиков производства работ» [11].

Основным программным обеспечением считается ARCHICAD STAR(T) Edition 2017 в которой есть все средства для получения основных строительных чертежей, формирования методов строительства, 3D-проекций и описания объектов. Обладает значительной эффективностью, имеет значительные улучшения для формирования проектной документации. В основу данной программы положен новый способ Информационного Описания Зданий и методов их строительства, также характерный для

ARCHICAD 20. Кроме того, в ARCHICAD STAR(T) Edition имеется значительное количество опций, имеющихся в ARCHICAD 20.

Главным образом, в данных программах реализовано значительное количество функций для полного описания объекта. Организация совместной работы программ в процессе информационной обработки подразумевает использование очень многих средств. Общий программный комплекс использует такие базовые программы, как Microsoft Office, а также средства пространственного моделирования – Archicad, средства построения моделей – 3D Max, BIMx, формирование строительного генплана – Civil3D, расчетные программы и т.д.

Есть и специальные программы для выработки технологии работ: Primavera, MS Project, Интэгра, Navisworks.

Проведя анализ существующих подходов и средств информационного описания объектов для формирования технологии, следует сказать: выбор технологии работ еще не полностью разработан в программных средствах и поэтому необходимо совершать много рутинных операций - в частности, при формировании основной технологической карты для данного процесса. [12,13]

Технологическая карта (ТК) для возведения зданий представляет собой очень важный элемент проекта производства работ. Ее состав отражает основные решения в области организации строительства с применением самых рациональных способов механизации, а также технологических устройств и элементов. Данный документ предлагает эффективное, качественное выполнение работ с учетом безопасности, учитывая строительные нормы и технику безопасности для их осуществления.

На основе достижений науки определена важная задача - совершенствование методов компьютерного формирования ТК, совместное

осуществление формирования ТК и строительного процесса с использованием информационных технологий описания объектов.

Для формирования алгоритма программного поиска оптимальной технологии осуществлено исследование показателей, определяющих выбор технологии при строительстве зданий. К полученным данным был применен метод анализа иерархий, установлена важность критериев, получен коэффициент согласованности и коэффициент Пирсона.

На основе ответов экспертов были получены и упорядочены главные показатели, которые в большей степени определяют ход строительства. На основе полученных данных критерии можно расположить в порядке убывания следующим образом: цена, временные затраты, уровень механизации, затраты труда. Получено решение по автоматизированному поиску технологии из имеющейся базы, которое дает возможность с помощью программных средств найти рациональный для данного строящегося объекта способ строительства [14,15].

Результаты, полученные при анализе ответов, позволяют осуществить сравнение технологий с учётом воздействия совокупности производственных показателей и определения их взаимодействия, реализуют систематизированное решение задач, возникающих при поиске наиболее рационального решения. В данном случае любая работа подразумевает получение результата, который есть не что иное, как комплекс взаимосвязанных задач, которые могут иметь различную важность [16].

Использование данного метода возможно с помощью формирования компьютерных программ на базе численного моделирования объектов [17]. Зачастую в основу технологии BIM - описания положено много разных программ для полноты формирования модели. Описание объекта в рамках информационной обработки задействует разное программное обеспечение. В данном случае применяются совершенно разные программы, решающие

различные задачи: Microsoft Office, Archicad, 3D Max, BIMx, Civil3D, Allplan, Лира, Tekla и другие.

Также имеется целый ряд программ, определяющих технологию возводимого объекта: Primavera, MS Project, Интэгра, Navisworks и другие.

Практическое использование имеющейся методики подразумевает использование данного алгоритма в программе формирования технологии возведения. Для успешного использования данной программы возможно использование этого алгоритма в системе Navisworks.

Использование данного алгоритма в процессе строительства на базе средств автоматизации, включающих численное моделирование зданий возможно в виде внедрения программы в одну из систем технологического планирования [18-20]. Поэтому, используя алгоритм программного поиска ТК вместе с комплексом численного моделирования, можно применить эту разработку для подбора технологии возведения здания.

Результаты исследования

Все указанные алгоритмы подразумевают некоторый подход к описанной проблеме, поиск оптимального решения.

Базовые исследования, изучающие процесс поиска лучшего решения выбору технологии, которые наиболее известны, представляют первое направление.

Выбор способа строительства подразумевает формирование моделей, которые позволяют найти лучшее решение. Для этого потребуются точное описание целей, подходов, условий использования методов и программных средств, а также показателей и способов оптимизации. Математическая модель объекта дает возможность точно оценить базовые технические, финансовые и технологические показатели и обосновать поведение системы с учетом их изменения.

Первым результатом автоматизации организации и технологии строительства были сетевые модели. Большой опыт изучения данных моделей имеет положительные и отрицательные стороны. Недостатки главным образом обусловлены несовершенством сетевых моделей, сложностями в их корректировке в условиях реального строительства, а также сложностью обработки значительного количества технологий.

Мы говорим сейчас о жесткости используемых моделей, варианты технологий сложно изменить, если не хватает ресурсов, кроме того, они отражают разные подходы в проектировании.

Исследования по сетевым моделям, с учетом вероятности, безусловно позволяют говорить, что в недалеком будущем такие модели будут эффективны, дадут возможность оценить процесс строительства, а также процесс управления строительством.

В настоящий момент в нашей стране и в других странах сетевые модели являются отдельным предметом для изучения. Необходимость такого изучения обусловлена главным образом математическим обеспечением таких моделей. Учитывая данный момент, можно увеличить результативность формирования рациональных решений.

Основные возможности решения данной проблемы состоят в использовании имитационного моделирования, которое позволяет учесть основные особенности строительного процесса. Получаемые модели учитывают математические методы (например, теорию игр, корреляционное взаимодействие).

Существует достаточно много работ, описывающих эти методы. В частности, их можно встретить у Р.И. Фокова, Н.П. Бусленко, модели, используемые в них, позволяют находить оптимальные технологии строительства.

Главным плюсом использования математического аппарата является нахождение не только оптимальных решений, но и учет всех состояний системы, которые могут быть обусловлены конкретными финансовыми и организационными показателями.

Для осуществления данной концепции и научного обоснования существующей методики применяется интеллектуальная аналитическая система (ИАС) «Интенция» и программные средства математического моделирования и инженерных расчетов Matlab – Neural Network Toolbox и Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox.

Применение данных методик при осуществлении выбора технологии в строительстве, на основании полученных данных, позволит эффективно управлять производством, повысить рентабельность и улучшить качество работ, увеличить организационно-технологическую надежность объектов.

Принципы исследования проблем формирования и осуществления управленческих решений описаны в работах многих зарубежных ученых, в частности: М. Альберта, М.Х. Мескона, Л.Г. Планкета, Т. Санталайна и других.

Заключение и обсуждение

Исследование основных концепций поиска оптимальной технологии строительства объектов позволяет установить следующее:

- основные направления исследований можно считать обоснованными для конкретных этапов формирования рациональных организационно-технологических решений в процессе строительства и они могут быть использованы на практике;

- данные методики включают в себя наиболее важные результаты и принципы предшествующих исследований, на новом этапе решая проблему поиска рационального решения по строительству объекта;

- наиболее эффективным решением с точки зрения получения оптимального решения можно считать моделирование строительства объектов и их комплексов, как наиболее рациональное, обоснованное и учитывающее предыдущие концепции, а также обуславливающее объективность полученных результатов.

Литература

1. Саликов Ю.А., Елфимова Е.Н. Зарубежный опыт принятия управленческих решений // Проблемы региональной экономики. URL: www.lerc.ru/?part=bulletin&art=8&page=32

2. Hasik, V., Escott E., Bates R., Carlisle S. and Faircloth B., 2019. Comparative whole-building life cycle assessment of renovation and new construction. Building and Environment, 161. Date Views 03.03.2020 doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106218.

3. Эльшейх Ассер Мохамед Фахрельдин Мохамед Али Информационное моделирование интегрированной автоматизации проектирования и календарного планирования в строительстве: автореф. дис. ... канд. техн. М., 2015. с.139

4. Guangyue, Xu. and Weimin Wa., 2020. China's energy consumption in construction and building sectors: An outlook to 2100. Energy, 195. Date Views 20.03.2020 doi.org/10.1016/j.energy.2020.117045.

5. Sinenko, S., Poznakhirko T. and Obodnikov V., 2018. Automation of visualization process for organizational and technological design solutions. The 2ndConference for Civil Engineering Research Networks from the 27thto 29thof November at Institute Technology Bandung, Indonesia. (issue 05008), Institute Technology Bandung, Indonesia Date Views 01.04.2020 doi.org/10.1051/matecconf/201927005008.

6. Hong, J., Kang H., Jung S., Sung S. and Hong T., 2020. An empirical analysis of environmental pollutants on building construction sites for determining the real-time monitoring indices. *Building and Environment*, 170. Date Views 02.04.2020 doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106636.

7. Полянский А.В. ВСМ: Интеллектуальный подход // Мир транспорта URL: mirtr.elpub.ru/jour/article/viewFile/46/88

8. Горчханов Ю.Я., Николенко Н.С., Гущина Ю.В. Организационно-технологические особенности управления строительными проектами на основе BIM-моделирования // Инженерный вестник Дона. 2019. №9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2019/6210.

9. Мирошникова И.М., Синенко С.А. Комплексная модель системы выбора рациональных решений по организации строительных процессов при возведении многоэтажных зданий // Наука и бизнес: пути развития. 2018. №6 (84). С. 71-75.

10. Зеленцов Л.Б., Цапко К.А., Беликова И.Ф., Пирко Д.В. Совершенствование процесса строительства с использованием BIM-технологий // Инженерный вестник Дона. 2020. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2020/6346.

11. Herr, C.M. and Fischer T., 2019. BIM adoption across the Chinese AEC industries: An extended BIM adoption model. *Journal of Computational Design and Engineering*, 6(2). Date Views 5.04.2020 doi.org/10.1016/j.jcde.2018.06.001.

12. Олейник П.П., Жадановский Б.В., Синенко С.А., Кужин М.Ф., Бродский В.И., Пахомова Л.А. Возведение монолитных конструкций зданий и сооружений монография. Москва: НИУ МГСУ, 2018. 496с.

13. Ebrahiminejad, M., Shakeri E., Ardeshir A. and Zarandi M.H.F. 2018. An object-oriented model for construction method selection in buildings using fuzzy information. *Energy and Buildings*, 178. Date Views 6.04.2020 doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.08.002.

14. Sinenko, S., Ahmetgaliev A. and Slavin A., 2018. Practical aspects of construction of high-rise buildings in Russia. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 365(6). Date Views 10.04.2020 iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/365/6/062039.

15. Liu, H., Sydora C., Altaf M.S., Hyeok S. and Al-Hussein H.M., 2019. Towards sustainable construction: BIM-enabled design and planning of roof sheathing installation for prefabricated buildings. Journal of Cleaner Production, 235. Date Views 11.04.2020 doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.07.055.

16. Losev, K.Yu., Chulkov V.O. and Kazaryan R.R., 2018. Modeling and Assessment of a Building Intellectual Grade in the Community of Full Participant in Construction Activities. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 463. Date Views 15.04.2020 iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/463/3/032085/pdf.

17. Скворцов А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. №1 (4). С. 16-23.

18. Kazaryan, R.R., 2018. System-targeted approach to the integrated use of transport in the interests of life safety. MATEC Web of Conferences, 239. Date Views 17.04.2020 www.matec-conferences.org/articles/matecconf/pdf/2018/98/matecconf_ts2018_02006.pdf.

19. Казарян Р.Р., Хван В.А., Чулков В.О. о некоторых аспектах развития системно-целевого подхода оценки уровня устойчивости чистых активов строительного производства на основе IPSAS // Бюллетень строительной техники. 2018. №7. С. 44-45.

20. Казарян Р.Р., Шатрова А.И., Чулков В.О. О некоторых аспектах календарного планирования процессов и результатов переустройства строительных объектов // Бюллетень строительной техники. 2018. №8. С. 67-69.

References

1. Salikov Ju.A., Elfimova E.N. Zarubezhnyj opyt prinjatija upravlencheskih reshenij [Foreign experience in making managerial decisions. URL: lerc.ru/?part=bulletin&art=8&page=32
 2. Hasik, V., Escott E., Bates R., Carlisle S. and Faircloth B., 2019. Building and Environment, 161. Date Views 03.03.2020. doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106218.
 3. Jel'shejh Asser Mohamed Fahrel'din Mohamed Ali Informacionnoe modelirovanie integrirovannoj avtomatizacii proektirovanija i kalendarnogo planirovanija v stroitel'stve [Information modeling of integrated automation of design and scheduling in construction]: avtoref. dis. ... kand. tehn. M., 2015. p.139
 4. Guangyue, Xu. and Weimin Wa., 2020. Energy, 195. Date Views 20.03.2020 doi.org/10.1016/j.energy.2020.117045.
 5. Sinenko, S., Poznakhirko T. and Obodnikov V., 2018. The 2nd Conference for Civil Engineering Research Networks from the 27th to 29th of November at Institute Technology Bandung, Indonesia. (Issue 05008), Institute Technology Bandung, Indonesia Date Views 01.04.2020 doi.org/10.1051/mateconf/201927005008.
 6. Hong, J., Kang H., Jung S., Sung S. and Hong T., 2020. Building and Environment, 170. Date Views 02.04.2020 doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106636.
 7. Poljanskij A.V. VSM: Intellectualnyi podkhod [High-speed highways: Intellectual approach]. Mir transporta. URL: mirtr.elpub.ru/jour/article/viewFile/46/88
 8. Gorchhanov Ju.Ja., Nikolenko N.S., Gushhina Ju.V.. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019. №9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2019/6210.
 9. Miroshnikova I.M., Sinenko S.A. Nauka i biznes: puti razvitiya. 2018. № 6 (84). pp. 71-75.
-



10. Zelencov L.B., Capko K.A., Belikova I.F., Pirko D.V.. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2020/6346.
 11. Herr, C.M. and Fischer T., 2019. Journal of Computational Design and Engineering, 6(2). Date Views 5.04.2020 doi.org/10.1016/j.jcde.2018.06.001.
 12. Olejnik P.P., Zhadanovskij B.V., Sinenko S.A., Kuzhin M.F., Brodskij V.I., Pahomova L.A. Vozvedenie monolitnyh konstrukcij zdanij i sooruzhenij monografija [The construction of monolithic structures of buildings and structures monograph]. Moskva: NIU MGSU, 2018. 496 p.
 13. Ebrahiminejad, M., Shakeri E., Ardeshir A. and Zarandi MH.F. 2018. Energy and Buildings, 178. Date Views 6.04.2020 doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.08.002.
 14. Sinenko, S., Ahmetgaliev A. and Slavin A., 2018. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 365(6). Date Views 10.04.2020 iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/365/6/062039.
 15. Liu, H., Sydora C., Altaf M.S., Hyeok S. and Al-Hussein H.M., 2019. Journal of Cleaner Production, 235. Date Views 11.04.2020 doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.07.055.
 16. Losev, K.Yu., Chulkov V.O. and Kazaryan R.R., 2018. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 463. Date Views 15.04.2020 iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/463/3/032085/pdf.
 17. Skvorcov A.V. SAPR i GIS avtomobil'nyh dorog. 2015. №1 (4). pp. 16-23.
 18. Kazaryan, R.R., 2018. MATEC Web of Conferences, 239. Date Views 17.04.2020 mateconferences.org/articles/mateconf/pdf/2018/98/mateconf_ts2018_02006.pdf.
 19. Kazarjan R.R., Hvan V.A., Chulkov V.O. Bjulleten' stroitel'noj tehniki. 2018. №7. pp. 44-45.
-



20. Kazarjan R.R., Shatrova A.I., Chulkov V.O. B'ulleten' stroitel'noj tehniki. 2018. №8. pp. 67-69.