

Проблемы выбора рационального варианта организации строительства при комплексной застройке кварталов

В.М. Челнокова, В.К. Нефедова

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Аннотация: Статья посвящена решению проблем выбора варианта календарного плана при комплексной застройке жилых микрорайонов. В настоящее время развивается методика увязки строительно-монтажных работ во времени и пространстве, появляются новые методы расчета организации работ. В связи с постоянным изменением нормативных требований в строительстве, изменяются существенные характеристики методов календарного планирования. Вариантный анализ может включать достаточно большое количество показателей качества организации комплексной застройки. Поэтому предложена методика сравнения вариантов и выбора наилучшего, которая учитывает неограниченное количество показателей качества организации работ. При этом для различных регионов могут быть учтены различные показатели, а также добавлены новые. Проанализирована эффективность методики на примере жилого квартала.

Ключевые слова: жилой квартал, вариантный анализ, поточная организация работ, показатели качества, нормативные требования.

Важным вопросом календарного планирования при организации строительства является обоснованный выбор наиболее эффективного метода для конкретных условий возведения жилых комплексов. Вариантную проработку календарных планов по требованиям нормативных документов (СП 48.13330.19 Организация строительства) необходимо осуществлять как на стадии разработки проектов организации строительства (ПОС), так и на стадии проектов производства работ (ППР). Наиболее общий критерий оценки эффективности решений в строительстве представляют собой приведенные затраты, которые позволяют на основе единого экономического показателя оценить различные аспекты строительства. Однако практика показывает, что проанализировать эффективность вариантов с учетом конкретных условий можно только на основе их разносторонней оценки.

Наибольшее распространение при выборе метода организации работ получил критерий продолжительности строительства [1-3]. Выбор осуществляется либо по минимальной продолжительности строительства,

либо по продолжительности наиболее приближенной к заданной заказчиком. Используются также такие показатели как себестоимость и трудоемкость строительной продукции, уровни механизации, сборности, выработка рабочих, степень совмещения работ и другие [4-6].

В работе [7] предложена оценка вариантов по индивидуальным и дифференциальным критериям при сведении их в интегральный критерий путём задания коэффициентов значимости. Завадская Э.К. [8] предлагает использовать методы теории игр, определяя коэффициенты значимости при помощи метода энтропии.

Таким образом, возможны различные критерии оценки качества организации работ. Критерий определяется практикой строительства или назначается в соответствии с требованиями более высокой по уровню задачи. Поэтому и приоритетность показателей определяется руководителями соответствующего уровня, которые наиболее адекватно представляет общие цели многовариантной проработки решений.

Во многих рекомендациях [7-10] приоритетность показателей задается с помощью коэффициентов значимости. Коэффициенты значимости позволяют одновременно учитывать различные показатели, всесторонне характеризующие варианты, и сводить их в единый комплексный критерий.

При комплексной застройке жилых кварталов предлагается проводить вариантный анализ путем сопоставления экономических и организационно-технологических показателей или критериев качества организации работ с помощью метода расстановки приоритетов [11]. При этом наилучшим может быть вариант как с наибольшими значениями показателей, например, экономический эффект, так и с наименьшими, например, продолжительность строительства.

Необходимым условием является сопоставимость вариантов между собой по выбранным критериям. Сущность расчета заключается в парном

сравнении показателей. Общее число сравнений S для n вариантов при этом составит:

$$S = \frac{n(n-1)}{2} \quad (1)$$

Рассмотрим алгоритм на примере выбора варианта организации работ по застройке жилого комплекса из 11 сформированных вариантов.

Варианты рассчитаны по следующим методам организации работ [7]:

- 1) критического пути (аналог сетевого метода);
- 2) непрерывного использования ресурсов (беспростойной работы бригад);
- 3) непрерывного освоения фронтов работ (после окончания одной работы сразу начинается следующая);
- 4) критического пути с минимальными простоями бригад;
- 5) критического пути с минимальными простоями фронтов работ;
- 6) критического пути с учетом ресурсных, фронтальных и прямых ранговых связей;
- 7) критического пути с учетом ресурсных, фронтальных и обратных ранговых связей;
- 8) критического пути с учетом прямых ранговых связей при сложной организации работ [12];
- 9) критического пути с учетом обратных ранговых связей при сложной организации работ [12];
- 10) организация работ без учета поточных методов по календарному плану, разработанному застройщиком;
- 11) по турам (с учетом прямых и обратных ранговых связей).

Продолжительность строительства жилого комплекса, заданная заказчиком, составляет 2,5 года или 30 месяцев. По всем вариантам определены следующие показатели, которые сведены в Табл.1:

1. T - продолжительность строительства объектов;
2. N – количество бригад, занятых на строительстве комплекса;

3. P_6 – простои бригад;
4. $P_{фр}$ – простои фронтов работ (незавершенных объектов);
5. $У$ – убытки от простоев бригад и незавершенных объектов.

Таблица 1

Номер варианта	T , мес.	N	P_6 , мес.	$P_{фр}$, мес.	$У$, млн.руб.
1.	27,4	10	5,7	10,9	14,9
2.	28,7	10	0	33,9	27,1
3.	28,5	10	28,6	0	30,9
4.	27,4	10	0,5	19,8	16,4
5.	27,4	10	11,9	7,2	18,6
6.	31,2	10	13,2	51,6	51,8
7.	31,0	10	26,5	26,3	42,2
8.	28,5	10	4,8	19,4	22,5
9.	27,7	10	17,0	9,8	20,9
10.	46,9	10	49,5	72,0	85,2
11.	28,0	14	12,0	24,0	28,8

По вариантам 6, 7, 10 продолжительность строительства комплекса превышает директивную, поэтому в дальнейшем они не учитываются. Таким образом, проводится вариантный анализ 8 методов по 5 критериям.

На первом этапе расчета определяются сравнительные показатели приоритетов для каждого критерия по вариантам следующим образом:

- определяется отношение максимального значения показателя к его минимальному значению;

- подбираются коэффициенты, зависящие от соотношения показателей по сравниваемым вариантам (если больше, коэффициент равен 1,1; если меньше, коэффициент равен 0,9; если показатели равны, коэффициент составляет 1,0);

- формируются квадратные матрицы смежности по каждому показателю.

Приоритеты показателей Π_i по вариантам равны сумме коэффициентов, относительные значения $\Pi_i^{отн}$ определяются по формуле:

$$\Pi_i^{отн} = \frac{\Pi_i}{\sum_{j=1}^n \Pi_j} \quad (2)$$

Матрица смежности и значения приоритетов для показателя Т приведены в табл. 2.

Таблица 2

$i \backslash j$	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	Π_i	$\Pi_{\text{итн}}$
1.	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	8,5	0,133
2.	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	7,3	0,114
3.	0,9	1,1	1,0	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	7,6	0,119
4.	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	8,5	0,113
5.	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	8,5	0,133
6.	0,9	1,1	1,0	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	7,6	0,119
7.	0,9	1,1	1,1	0,9	0,9	1,1	1,0	1,1	8,1	0,126
8.	0,9	1,1	1,1	0,9	0,9	1,1	0,9	1,0	7,9	0,123
Σ	-	-	-	-	-	-	-	-	64,0	1,000

Аналогично рассчитываются приоритеты для всех показателей.

На втором этапе определяются значимости критериев для рассматриваемой организации работ. Коэффициенты значимости рассчитываем их по методике [10].

При определении значимости показателей сравниваем попарно показатели. Критерии принимают следующие значения:

- 1,5, если сравниваемый показатель больше;
- 0,5, если сравниваемый показатель меньше;
- 1,0, если сравниваемые показатели равны.

В матрице смежностей представлены значимости показателей аналогично расчету относительных значений приоритетов. Получаем следующие значимости: $T - 0,28$, $N - 0,24$, $P_6 - 0,20$, $P_{\text{фр}} - 0,12$, $У - 0,16$.

Расставляем приоритеты по убыванию сумм критериев по каждому варианту (табл. 3)

Таблица 3

Варианты	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Сумма критериев	0,141	0,134	0,104	0,145	0,135	0,131	0,111	0,102
Приоритеты	2	4	7	1	3	5	6	8

Наибольшая сумма критериев с учетом коэффициентов значимости у варианта № 4, то есть, организации строительства жилого комплекса по методу критического пути с минимальными простоями бригад. Таким образом, этот метод имеет первый приоритет, значит, он является наиболее рациональным для организации работ по строительству жилого комплекса в заданных условиях.

Достоинство предлагаемого выбора рационального варианта организации строительства при комплексной застройке кварталов, основанного на методе расстановке приоритетов, состоит в том, что он позволяет сравнивать варианты организации работ по различным показателям. Такими показателями могут быть, в том числе, продолжительности строительства объектов и комплексов работ, количество бригад, простои бригад и незавершенных объектов, убытки от простоев бригад и незавершенных объектов. Также можно рассматривать другие показатели, которые являются актуальными в реальном времени.

Литература

1. Болотин С.А., Гуриева А.М., Чахкиев И.М. К вопросу обоснования директивной продолжительности строительства уникальных объектов. Вестник гражданских инженеров, 2014, № 1(42). С. 61-66.

2. Hejducki, Z., Rogalska, M. Time coupling methods construction scheduling and time/cost optimization. Wroclav: Oficyna Wydawnicza Politechniki

Wroclawskiej, 2011. 91 p.

3. Nefedov A.V., Nefedova V.K., Okrugina E.V. Analysis of the effectiveness of the MTP system in a construction organization based on dynamic indicators. Contemporary Problems of Architecture and Construction Proceedings of the 12th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, November 25-26, 2020, Saint Petersburg, Russia. URL: doi.org/10.1201/9781003176428.

4. Barkalov S., Kurochka P., Khodunov A., Kalinina N. Selection model of work technology based on multi-criteria evaluations // E3S Web of Conferences, 2020, № 167. URL: doi.org/10.1051/e3sconf/202016408030.

5. Лихачев В.Д. Трудоемкость как критерий оценки эффективности технических и технологических решений. Материалы 72-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных сотрудников, инженеров и аспирантов СПбГАСУ. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2016. часть 1, стр. 108–111.

6. Zilberova I.Y., Novoselova I.V., Mailyan V.D. Modern methods for evaluating the technical and organizational-technological solutions for repair and construction production // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019, № 698. URL: iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/698/5/055013.

7. Афанасьев В. А., Афанасьев А. В. Поточная организация работ в строительстве. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2000, 152 с.

8. Завадскас Э.К., Устинович Л.Л., Туркис З.А. Система принятия строительных решений в условиях неопределенности. Наука и техника. 2003; (6): С.12-16. URL: doi.org/10.21122/2227-1031-2003-0-6-12-16.

9. Yudina A., Tilinin Y. Selection of criteria for comparative evaluation of house building technologies. Architecture and Engineering, Volume 4, Issue 1, p. 47–52.

10. Болотин С.А., Дадар А. Х. Методика определения приоритетов комплексного развития территорий с использованием BIM программное обеспечение и управление проектами. Недвижимость: экономика, управление, 2020. № 1. С. 57–62.

11. Сальникова К.В. Сущность применения метода расстановки приоритетов при принятии управленческих решений // Современные технологии управления. №1 (94). URL: sovman.ru/article/9406/

12. Челнокова В. М., Гуревич А. Б. Анализ проблем организации комплексного освоения территорий // Вестник гражданских инженеров. 2017. №1 (60). С. 161–166.

References

1. Bolotin S.A., Guriyeva A.M., Chakhkiyev I.M. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov, 2014, № 1(42). pp. 61-66.

2. Hejducki, Z., Rogalska, M. Time coupling methods construction scheduling and time/cost optimization. Wroclav: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wroclawskiej, 2011. p. 91.

3. Nefedov A.V., Nefedova V.K., Okrugina E.V. Analysis of the effectiveness of the MTP system in a construction organization based on dynamic indicators. Contemporary Problems of Architecture and Construction Proceedings of the 12th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, November 25-26, 2020, Saint Petersburg, Russia. URL: doi.org/10.1201/9781003176428.

4. Barkalov S., Kurochka P., Khodunov A., Kalinina N. E3S Web of Conferences, 2020, № 167. URL: doi.org/10.1051/e3sconf/202016408030.

5. Likhachev V.D. Materialy 72-y nauchnoy konferentsii professorov, prepodavateley, nauchnykh sotrudnikov, inzhenerov i aspirantov SPbGASU, 2016. pp. 108–111.



6. Zilberova I.Y., Novoselova I.V., Mailyan V.D. Modern methods for evaluating the technical and organizational-technological solutions for repair and construction production, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019, № 698. URL: iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/698/5/055013.
7. Afanas'yev V. A., Afanas'yev A. V. Potochnaya organizatsiya rabot v stroitel'stve. Sankt-Peterburg, SPBGASU, 2000. 152 p.
8. Zavadskas E.K., Ustinovich L.L., Turskis Z.A. Nauka i tekhnika, 2003 (6), pp.12-16. URL: doi.org/10.21122/2227-1031-2003-0-6-12-16.
9. Yudina A., Tilinin Y. Architecture and Engineering, Volume 4, Issue 1, pp. 47–52.
10. Bolotin S.A., Dadar A. KH. Nedvizhimost': ekonomika, upravleniye, 2020, № 1, pp.57–62.
11. Sal'nikova K.V. Sovremennyye tekhnologii upravleniya, №1 (94). URL: sovman.ru/article/9406.
12. Chelnokova V. M., Gurevich A. B. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2017, №1 (60). pp. 161–166.