

# Технология и организация строительства Technology and organization of construction

Научная статья  
УДК 69.051  
DOI: 10.14529/build230404

## РАЗРАБОТКА ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА

*М.Ж. Ескалиев, eskaliev-1991@mail.ru*

*З.Р. Мухаметзянов, zinur-1966@mail.ru*

*Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия*

**Аннотация.** Качество строительства – один из ключевых факторов, определяющих состоятельность и перспективы развития данной области практической деятельности (материального производства). Показатели качества характеризуют степень соответствия пригодности строительного объекта определенного функционального назначения требуемым параметрам эксплуатационных условий, эффективности и надежности функционирования. Разработка рациональных решений, направленных на достижение показателей качества строительной продукции, и их практическая реализация являются постоянно актуальной задачей архитектурно-строительной и производственной деятельности, требуют развития и совершенствования соответствующих методов исследований. Целью исследований в данной статье являются выявление условий и разработка методического обоснования для управления процессами формирования показателей качества строительных объектов на различных этапах (периодах) жизненного цикла. Основным результатом исследования является разработка положений научной гипотезы об оценке возможных решений с использованием интегрального показателя функционального качества строительного объекта. Данный показатель принят на основе главного результата системного анализа решений по формированию и реализации функционального качества строительного объекта на различных этапах (обязательных и возможных) жизненного цикла. Предложенную концепцию можно рассматривать как направление расширения возможностей в отношении управления производственными процессами, обеспечивающими достижение показателей качества строительных объектов различного функционально-технологического назначения.

**Ключевые слова:** строительные объекты, функциональное качество, системный анализ, жизненный цикл, аналитические показатели, интегральный показатель, технико-экономические показатели

**Для цитирования.** Ескалиев М.Ж., Мухаметзянов З.Р. Разработка интегрального показателя функционального качества строительного объекта // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2023. Т. 23, № 4. С. 35–45. DOI: 10.14529/build230404

Original article  
DOI: 10.14529/build230404

## DEVELOPING THE INTEGRATED INDICATOR OF FUNCTIONAL QUALITY OF THE CONSTRUCTION OBJECT

*M.Zh. Yeskaliyev, eskaliev-1991@mail.ru*

*Z.R. Mukhametzyanov, zinur-1966@mail.ru*

*Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia*

**Abstract.** Quality of construction is one of the key factors defining solvency and the prospects of developing this field of practical activities or production of goods. Indicators of quality characterize the compliance of suitability of a construction object to the required parameters of operational conditions, efficiency and reliability of functioning. It is highly relevant to develop the rational decisions directed at the achievement of quality indicators of construction production and their implementation in architectural and construction and production activities. It requires the development and improvement of the corresponding methods of research. The purpose of the research is to identify the conditions

and develop the methodical justification for managing the formation of indicators of quality concerning the construction objects at various stages (periods) of life cycle. The main focus of the research is to develop the provisions of a scientific hypothesis of assessing possible decisions with the use of an integrated indicator of functional quality of a construction object. This indicator is accepted on the basis of the main result of the system analysis of decisions on formation and realization of functional quality of a construction object at various stages (obligatory and possible) of life cycle. The proposed concept can demonstrate the expansion of opportunities concerning the production management which can achieve the indicators of quality of construction subjects of various functional and technological purposes.

**Keywords:** construction objects, functional quality, system analysis, life cycle, analytical indicators, integrated indicator, technical and economic indicators

**For citation.** Yeskaliyev M.Zh., Mukhametzyanov Z.R. Developing the integrated indicator of functional quality of the construction object. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture.* 2023;23(4):35–45. (in Russ.). DOI: 10.14529/build230404

## **Введение**

Строительные объекты (здания и сооружения) представляют собой материальные структуры, системы и образования, созданные посредством строительных технологий с целью удовлетворения определенных потребительских функций. Специфические особенности организации пространства в формате строительных объектов определяют соответствующие особенности и функциональное качество зданий и сооружений.

К современным строительным объектам, предназначенным для удовлетворения разнообразных и многочисленных жизненных и общественных потребностей населения, предъявляется соответствующее множество требований: социальных, экономических, функциональных, инженерных, технических, противопожарных, санитарно-гигиенических, экологических, архитектурно-художественных и других.

Именно по этой причине условия и возможности обеспечения функционального качества являются одновременно предметом и объектом научных исследований, а также постоянно актуальной задачей развития строительной отрасли, техники и технологий.

Например, в научных трудах [1, 2] функциональное качество строительного объекта жилого назначения связывается с условиями обеспечения комфорта (микроклимата) внутреннего пространства.

В работах [3–5] обеспечение функционального качества строительной продукции (зданий и сооружений) связано с развитием и совершенствованием организационно-технологической последовательности выполнения соответствующих строительных процессов.

Влияние качества разработки проектных (архитектурных, конструктивных, функциональных, организационно-технологических) решений и качества соответствующей проектной документации на условия обеспечения (повышения) функционального качества строительной продукции рассматривается в научных трудах [6, 7] как значимый инструмент инвестиционно-строительной деятельности.

В научных трудах [8–10] рассмотрены направления развития функционального качества строительных материалов и конструкций, а также совершенствования технологических приемов по их изготовлению и применению в составе конструктивных систем, в контексте повышения функционального качества завершенных строительством объектов.

Функциональное качество строительных объектов рассматривается в работах [11–13] как значительный структурный элемент, определяющий «качество жизни» современного общества. Формирование функционального качества рассматривается как социальный и культурный запрос к организации и функционированию среды жизнедеятельности в составе существующих и перспективных форматов градостроительных образований.

Проведенный литературный обзор указывает на широкий круг аспектов, принимаемых к рассмотрению, и свидетельствует о «схематичности» подходов, связанных с анализом только определенных (избирательных) факторов влияния.

Данное обстоятельство актуализирует такую постановку целей и задач исследований, которые ориентированы на целостный и многофакторный анализ особенностей формирования функционального качества строительной продукции, а результатом такого рода анализа становится некоторый количественный измеритель в формате интегрального показателя функционального качества.

## **Методы исследования**

Рассмотренный состав научных трудов и исследований указывает на то, что формирование функционального качества современных строительных объектов различного назначения является результатом образования и функционирования сложного, комплексного и динамического образования – системы строительного производства. Систему строительного производства, сопровождающую разработку и практическую реализацию производственных процессов конкретного объекта строительства, равно, как и строительной отрасли в целом, можно охарактеризовать как способ организации взаимодействия элементов, об-

разующих структурную и функциональную целостность [14–17].

Наиболее рациональным и логичным методом (инструментом) изучения особенностей процессов, явлений и состояний системных образований является системный анализ. Под системным анализом подразумевается формирование алгоритма с целью получения наиболее полного и целостного представления об особенностях и закономерностях формирования свойств и состояний объекта исследований. Основу разработки алгоритма составляет методология научного познания объекта исследований как системы или целостного комплекса взаимодействующих частей и элементов [18–20].

Системный подход предоставляет возможности приложения теории познания и общей диалектики к исследованию определенных предметных процессов и явлений на базе основных принципов целостности, иерархичности, структурной организации, целеполагания и множественности.

Одним из практических приложений методической основы системного анализа к исследованию свойств и состояний строительного производства является концепция управления жизненным циклом строительного объекта (рис. 1) [21–24].

Отражение особенностей жизненного цикла строительного объекта любого функционального назначения можно осуществить в виде иерархической и строго ориентированной структуры (системы) свойств и состояний, а также связей между ними (рис. 2).

Иерархическая подчинённость и прогрессивная связь отдельных периодов жизненного цикла (как обязательных, так и возможных, см. рис. 2) позволяет выдвинуть научную гипотезу в отношении зависимости особенностей свойств и состояний текущего периода от условий, состава, эффективности и качества решений, разработанных на предыдущих периодах жизненного цикла [25–27].



Рис. 1. Концепция системы управления жизненным циклом строительного объекта

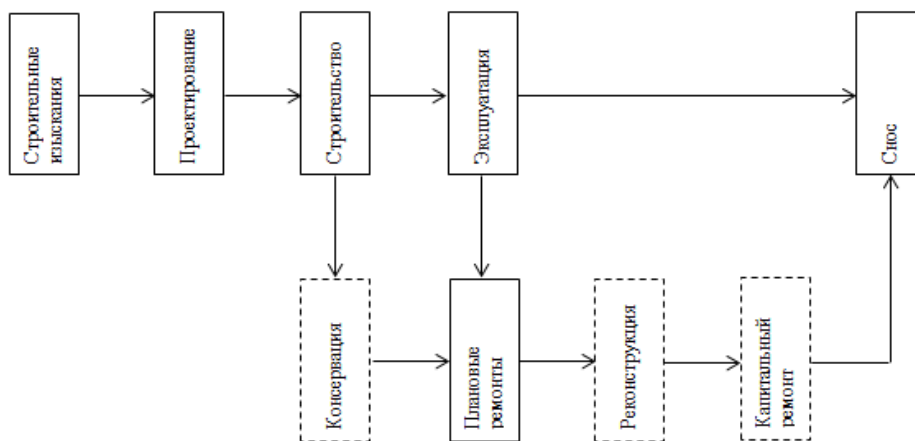


Рис. 2. Система свойств и состояний строительного объекта на этапах (периодах) жизненного цикла: ————— – обязательные периоды; - - - - - – возможные периоды

Например, показатели эффективности эксплуатации малоэтажного здания жилого назначения (например, до первого планового ремонта) находятся в прямой зависимости от качества решений, осуществляемых на предыдущих этапах: проектирования (разработка показателей качества соответствующей конструктивной системы) и строительства (реализация строительных процессов, направленных на реализацию разработанных ранее показателей качества соответствующей строительной системы) [28, 29].

Таким образом, объективная оценка функционального качества строительного объекта возможна только по окончании всех, но прежде всего обязательных периодов его жизненного цикла.

Функциональное качество строительных объектов (например, малоэтажных зданий жилого назначения) принято оценивать некоторым количеством показателей: абсолютных (единичных) и относительных. Рассматриваемые виды показателей получили название технико-экономических показателей (ТЭП) строительства [30–32].

Например, к числу абсолютных ТЭП малоэтажного здания жилого назначения относятся:

- полная (общая) площадь,  $S_{\text{полная}}$ ;
- полезная (жилая) площадь,  $S_{\text{полезная}}$ ;
- строительный объем здания,  $V_{\text{здания}}$ ;
- площадь застройки,  $S_{\text{застройки}}$ .

Абсолютные (единичные) показатели фиксируют результат разработки проектных решений и характеризуют количественные параметры строительного объекта.

Функциональную эффективность здания характеризуют относительные показатели (коэффициенты относительной эффективности) функционального качества, например, в виде:

– коэффициента относительной эффективности объемно-планировочного решения:

$$K_1 = \frac{S_{\text{полезная}}}{V_{\text{здания}}} . \quad (1)$$

Увеличение параметра  $K_1$  означает повышение функционального качества здания (показателя эффективности соответствующего объемно-планировочного решения);

– коэффициента относительной эффективности планировочного решения:

$$K_2 = \frac{S_{\text{полезная}}}{S_{\text{полная}}} . \quad (2)$$

Увеличение параметра  $K_2$  означает повышение функционального качества здания (показателя эффективности соответствующего планировочного решения);

– коэффициента относительной эффективности использования доступной для застройки территории:

$$K_3 = \frac{V_{\text{здания}}}{S_{\text{застройки}}} . \quad (3)$$

Увеличение параметра  $K_3$  означает повышение функционального качества здания (показателя эффективности соответствующего объемного решения или конструктивной схемы).

Для современной практики разработки и реализации решений в отношении формирования функционального качества строительной продукции характерны разделение ТЭП для оценки эффективности архитектурно-строительной и конструктивной (период «проектирование» жизненного цикла), строительной (период «строительство» жизненного цикла) и эксплуатационной (период «эксплуатация» жизненного цикла) систем объекта капитального строительства.

При таком подходе достижение требуемых показателей функционального качества строительных объектов практически замыкается в пространственно-временных характеристиках каждого по отдельности из рассмотренных периодов и практически не подлежит оптимизации и системному управлению. Более того, возможные отклонения от установленных значений ТЭП способны привести не только к частичной утрате функционального качества на рассматриваемом этапе (периоде) жизненного цикла, но и спровоцировать проблемные производственные ситуации и риски строительства для последующих периодов [33].

Системный подход исследований, связанный с анализом формирования функционального качества строительных объектов на всех этапах жизненного цикла, способен решить проблему соблюдения оценки функционального качества отдельного этапа и организовать условия управления качеством в динамическом контексте изменений свойств и состояний системы строительного производства.

При разработке проектных (архитектурных, конструктивных, функциональных, организационно-технологических) решений объекта строительства широко применяется метод вариантного проектирования. Суть данного метода заключается в предложении нескольких возможных вариантов решения. Варианты проектных решений (которые принимаются для конкурентного сравнения) характеризуются некоторым количеством единичных (абсолютных) и относительных показателей, а оценка предложенных вариантов возможна с применением рейтинговой системы анализа [34].

Например, в табл. 1 приведены данные абсолютных и относительных показателей, характеризующих функциональное качество малоэтажного жилого дома (на 6 квартир) для четырех вариантов проектных решений:

Рейтинговая оценка проектных решений, например, по абсолютному показателю вида «Полная (общая) площадь» включает следующий алгоритм (см. табл. 1):

1. Наивысший показатель качества по рассматриваемому показателю соответствует варианту проектных решений № 3 (наименьшее из воз-

Таблица 1

Абсолютные и относительные показатели, характеризующие функциональное качество малоэтажного жилого дома (жилой площадью 33,29 м<sup>2</sup>) для четырех вариантов проектных решений

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Варианты проектных решений			
			№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Единичные (абсолютные) показатели						
1	Полная (общая) площадь	м <sup>2</sup>	88,77	93,44	84,16	102,3
2	Полезная (жилая) площадь	м <sup>2</sup>	33,29	33,29	33,29	33,29
3	Строительный объем здания	м <sup>3</sup>	420,23	400,80	440,14	450,66
4	Площадь застройки	м <sup>2</sup>	160,87	177,12	95,38	102,34
Относительные показатели						
5	Коэффициент относительной эффективности объемно-планировочного решения	м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>	0,079	0,083	0,075	0,073
6	Коэффициент относительной эффективности планировочного решения	м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	0,375	0,356	0,396	0,325
7	Коэффициент относительной эффективности застройки	м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	2,612	2,262	4,614	4,403

возможных значений, которое составляет 84,16 м<sup>2</sup>). Соответственно, рассматриваемому варианту проектного решения присваивается наивысший (минимальный по абсолютному значению) рейтинг 1.

2. Следующим за вариантом проектных решений № 3 является вариант № 1 (значение составляет 88,77 м<sup>2</sup>). Соответственно, рассматриваемому варианту проектного решения присваивается рейтинг 2.

3. Следующим за вариантами проектных решений № 1 и 3 является вариант № 2 (значение составляет 93,44 м<sup>2</sup>). Соответственно, рассматри-

ваемому варианту проектного решения присваивается рейтинг 3.

4. Наихудший показатель качества по рассматриваемому показателю соответствует варианту проектных решений № 4 (наименьшее из возможных значений, которое составляет 102,3 м<sup>2</sup>). Соответственно, рассматриваемому варианту проектного решения присваивается наихудший (максимальный по абсолютному значению) рейтинг 4.

Таким образом, система рейтинговой оценки показателей, приведенных в табл. 1, сводится к виду, приведенному в табл. 2.

Таблица 2

Рейтинг абсолютных и относительных показателей, характеризующих функциональное качество малоэтажного жилого дома (жилой площадью 33,29 м<sup>2</sup>) для четырех вариантов проектных решений

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Варианты проектных решений			
			№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Единичные (абсолютные) показатели						
1	Полная (общая) площадь	м <sup>2</sup>	2 (88,77)	3 (93,44)	1 (84,16)	4 (102,3)
2	Полезная (жилая) площадь	м <sup>2</sup>	1 (33,29)	1 (33,29)	1 (33,29)	1 (33,29)
3	Строительный объем здания	м <sup>3</sup>	2 (420,23)	1 (400,80)	3 (440,14)	4 (450,66)
4	Площадь застройки	м <sup>2</sup>	3 (160,87)	4 (177,12)	1 (95,38)	2 (102,34)
	Сумма рейтингов		8	9	6	11
Относительные показатели						
5	Коэффициент относительной эффективности объемно-планировочного решения	м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>	2 (0,079)	1 (0,083)	3 (0,075)	4 (0,073)
6	Коэффициент относительной эффективности планировочного решения	м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	2 (0,375)	3 (0,356)	1 (0,396)	4 (0,325)
7	Коэффициент относительной эффективности застройки	м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	3 (2,612)	4 (2,262)	1 (4,614)	2 (4,403)
	Сумма рейтингов		7	8	5	10
	Итого, по всем рейтингам		15	17	11	21

Анализ рейтингов вариантов проектных решений, приведенных в табл. 2, показывает:

– наилучшее проектное решение по сумме единичных показателей соответствует варианту № 3 (наименьшее количественное рейтинга, равное 6);

– наилучшее проектное решение по сумме относительных показателей соответствует варианту № 3 (наименьшее количественное рейтинга, равное 5);

– наилучшее проектное решение по сумме относительных и относительных показателей соответствует варианту № 3 (наименьшее количественное рейтинга, равное 11).

Совпадение (как в рассматриваемой проектной ситуации) рейтинга вариантов по сумме абсолютных и относительных является вовсе не обязательным.

### Результаты и обсуждения

С целью применения системного подхода к анализу свойств и состояний объекта исследований, а также развития методического обоснования эффективности решений и производственных процессов, необходимых для достижения установленных или перспективных показателей функционального качества объектов строительства (строительной продукции), предлагается концепция **интегрального показателя функционального качества** строительного объекта (конструктивной части или отдельной конструкции). Интегральный показатель функционального качества является количественной характеристикой свойств и состояний строительного объекта и определяется в контексте связей между последовательными периодами жизненного цикла (см. рис. 2).

Рассматриваемая концепция позволяет осуществлять анализ особенностей конкретного периода жизненного цикла (обязательного и возможного) посредством соответствующего показателя качества:

– для **обязательного** периода «строительные изыскания» в виде

$$P_1 = f\left(\sum_{i=1}^n m_i q_i; \sum_{j=1}^k M_j \cdot Q_j\right), \quad (4)$$

где  $P_1$  – показатель качества разработки состава и эффективности строительных изысканий;

$m_i$  – единичный показатель качества и эффективности решений;

$q_i$  – значимость (удельный вес) единичного показателя;

$n$  – число рассматриваемых единичных показателей;

$M_j$  – относительный показатель качества и эффективности решений;

$Q_j$  – значимость (удельный вес) относительно показателя;

$k$  – число рассматриваемых относительных показателей.

– для **обязательного** периода «проектирование» в виде

$$P_2 = f\left(\sum_{i=1}^n m_i q_i; \sum_{j=1}^k M_j \cdot Q_j\right), \quad (5)$$

где  $P_2$  – показатель качества разработки состава и эффективности проектных решений;

– для **обязательного** периода «строительство» в виде

$$P_3 = f\left(\sum_{i=1}^n m_i q_i; \sum_{j=1}^k M_j \cdot Q_j\right), \quad (6)$$

где  $P_3$  – показатель качества разработки состава и эффективности производственных решений (строительства);

– для **обязательного** периода «эксплуатация» в виде:

$$P_4 = f\left(\sum_{i=1}^n m_i q_i; \sum_{j=1}^k M_j \cdot Q_j\right), \quad (7)$$

где  $P_4$  – показатель качества разработки состава и эффективности эксплуатационных решений;

– для **обязательного** периода «плановые ремонты» в виде

$$P_5 = f\left(\sum_{i=1}^n m_i q_i; \sum_{j=1}^k M_j \cdot Q_j\right), \quad (8)$$

где  $P_5$  – показатель качества разработки состава и эффективности производственных решений по выполнению плановых работ;

– для **обязательного** периода «снос» в виде

$$P_6 = f\left(\sum_{i=1}^n m_i q_i; \sum_{j=1}^k M_j \cdot Q_j\right), \quad (9)$$

где  $P_6$  – показатель качества разработки состава и эффективности производственных решений по сносу объекта;

– в отношении **возможного** периода «консервация» в виде

$$P_1^0 = f\left(\sum_{i=1}^n m_i q_i; \sum_{j=1}^k M_j \cdot Q_j\right), \quad (10)$$

где  $P_1^0$  – показатель качества разработки состава и эффективности производственных решений по консервации объекта;

– в отношении **возможного** периода «реконструкция» («реновация») в виде

$$P_2^0 = f\left(\sum_{i=1}^n m_i q_i; \sum_{j=1}^k M_j \cdot Q_j\right), \quad (11)$$

где  $P_2^0$  – показатель качества разработки состава и эффективности производственных решений по реконструкции (реновации) объекта;

– в отношении **возможного** периода «капитальный ремонт» («перепрофилирование») в виде

$$P_3^0 = f\left(\sum_{i=1}^n m_i q_i; \sum_{j=1}^k M_j \cdot Q_j\right), \quad (12)$$

где  $P_3^0$  – показатель качества разработки состава и эффективности производственных решений

по капитальному ремонту (перепрофилированию) объекта.

Аналитические параметры вида  $m_i, q_i, n, M_j, Q_j, k$ , входящие в состав зависимостей (2)–(9), характеризуются смысловой аналитической нагрузкой, аналогичной параметрам зависимости (4).

Интегральный показатель функционального качества строительного объекта (части здания или отдельного конструктивного элемента) определяется зависимостью вида

$$P_k = (a_1 \cdot P_1) + (a_2 \cdot P_2) + (a_3 \cdot P_3) + (a_4 \cdot P_4) + (a_5 \cdot P_5) + (a_6 \cdot P_6) + (a_0^1 \cdot P_0^1) + (a_0^2 \cdot P_0^2) + (a_0^3 \cdot P_0^3), \quad (13)$$

где  $a_1 \div a_6$  – уровни значимости (удельного веса) показателей качества обязательных периодов;

$a_0^1 \div a_0^3$  – уровни значимости (удельного веса) показателей качества возможных периодов.

Предложенная концепция системной оценки функционального качества (интегральный показатель функционального качества строительного объекта) характеризуется следующими основными особенностями:

- полагает и допускает применение методически обоснованных способов исследований свойств и состояний сложных системных элементов и образований и одновременно с этим открыта для интеграции с аналитическими приемами и подходами смежных научных и практических областей;

- имеет «открытую структуру», позволяющую оптимизировать (уменьшать или расширять) состав принимаемых к рассмотрению этапов состояний (периодов жизненного цикла), в том числе и таких, которые могут быть рассмотрены только на теоретическом уровне.

Количественные значения аналитических параметров вида  $a_1 \div a_6$  и  $a_0^1 \div a_0^3$  определяются следующими возможными способами и приемами:

- статистической обработки данных о реализованных объектах строительства соответствующего функционально-технического (отраслевого) назначения;

- математического (аналитического, цифрового, информационного) моделирования процес-

сов, явлений и состояний, включая различные сценарии (прогнозы) развития для соответствующих системных образований;

- директивного (нормативного) утверждения расчетных значений, обоснованных техническими, технологическими, экономическими, социальными или иными факторами;

- с использованием алгоритмов и инструментов экспертной оценки.

В табл. 3 (в качестве примера адаптации рассмотренной методики к решению практических задач) представлены результаты анализа функционального качества строительного объекта с применением единичных и относительных показателей по шести вариантам конструктивных решений.

На рис. 3 представлен результат анализа эффективности вариантов конструктивных решений в формате интегрального показателя функционального качества строительной продукции.

Для проведения анализа были рассмотрены некоторые из обязательных этапов жизненного цикла, но оказывающие непосредственное влияние на функциональное качество строительной продукции. Для упрощения процедуры анализа всем показателям (единичным и относительным) присвоен равный удельный вес (значение, равное 1.0). Можно отметить, что по результатам исследований наилучший рейтинг (минимальное значение по единичным и относительным показателям) оказался у варианта № 2, соответственно, наихудшие показатели рейтинга у варианта № 3 рассмотренных конструктивных решений.

В зависимости от постановки конкретной задачи исследований к анализу может быть принят произвольный (ограниченный только сложностью вычислений и моделирования) количественный и качественный состав параметров вида:  $m_i, q_i, n, M_j, Q_j, k$ . В качестве единичных и относительных показателей возможно использование как действующих ТЭП (например, строительный объем, продолжительность строительства, коэффициент сборности, коэффициент совмещения строительных процессов), так и других показателей (например, коэффициент технологичности или уровень организационно-технологической надежности), которые наиболее близко и точно отображают характер процессов, событий и явлений именно для

Таблица 3

Данные о качестве конструктивных решений, принятые для анализа

№ варианта конструктивного решения	Этап проектирования		Этап строительства		Этап эксплуатации		Все основные этапы	
	Единич. показат.	Относит. показат.	Единич. показат.	Относит. показат.	Единич. показат.	Относит. показат.	Единич. показат.	Относит. показат.
1	5	5	3	2	3	4	11	11
2	1	1	4	4	1	1	6	6
3	5	6	5	6	4	6	14	18
4	2	3	6	5	2	2	10	10
5	3	2	1	1	5	3	9	6
6	4	4	2	2	6	4	12	10

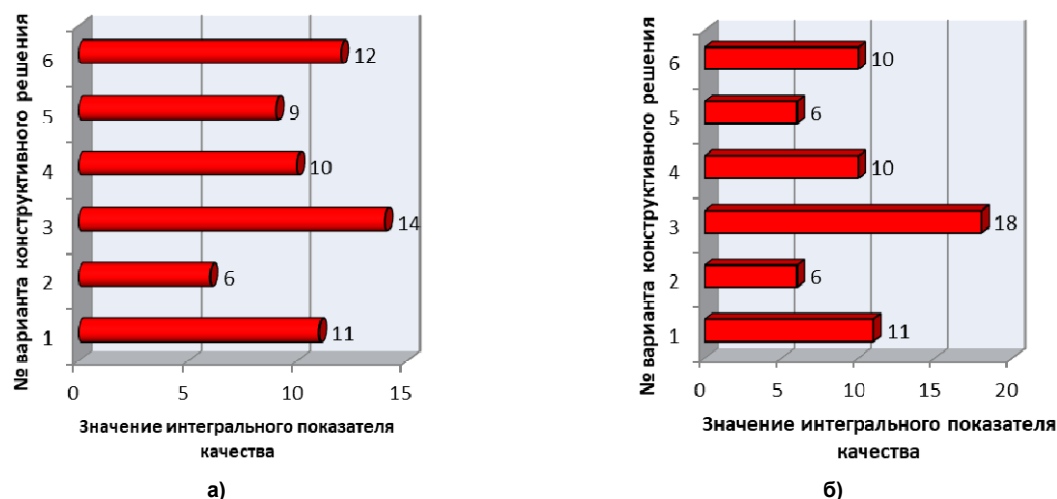


Рис. 3. Интегральный показатель функционального качества строительного объекта:  
а) абсолютные показатели; б) относительные показатели

анализируемого объекта и особенностей состава и продолжительности этапов жизненного цикла.

#### Выводы

По результатам проведенных исследований получены следующие основные выводы:

1. Системный подход остается базовым методом для исследования свойств и состояний, а также условий формирования показателей функционального качества строительных объектов.
2. Разработанная концепция «интегральный показатель функционального качества строитель-

ного объекта» открывает дополнительные возможности для анализа строительного объекта как сложного системного образования и представляется в качестве инструмента управления функциональным качеством строительной продукции для различных этапов жизненного цикла.

3. Концепция формирования количественной оценки функционального качества строительного объекта является открытой аналитической структурой, которая доступна для решения практических задач с применением (алгоритмизацией) современных информационных платформ.

#### Список литературы

1. Новикова К.Е. Микроклимат – основное потребительское качество здания // Вестник магистратуры. 2020. № 1–3 (100). С. 26–29.
2. Игнащенко О.О., Чернухина С.А. Обеспечение качества микроклимата в помещениях современных жилых зданий // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности. Материалы VI Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2019. С. 359–361.
3. Байбурин А.Х., Никоноров С.В. О совершенствовании нормативов качества возведения жилых зданий // Жилищное строительство. 2015. № 8. С. 8–9.
4. Жамсуева Г.С. Стандартизация и контроль качества на стадиях процесса возведения здания // Теоретические и практические проблемы развития современной науки. Материалы XIII Международной научно-практической конференции. Махачкала: Общество с ограниченной ответственностью «Апробация», 2017. С. 20–21.
5. Петрова А.А., Михайлов Д.А. Перспективы строительства малоэтажных каркасных зданий и повышение качества их возведения // The scientific heritage. 2022. № 103. С. 4–6. DOI: 10.5281/zenodo.7467490
6. Маякова А.В. Категория «качество» в ракурсе парадигмы менеджмента на примере процесса проектирования зданий и сооружений // Качество и жизнь. 2017. № 2 (14). С. 74–78.
7. Годунова Г.Н. Методы экономической оценки качества проектных решений малоэтажных жилых зданий // Жилищное строительство. 2009. № 3. С. 8–9.
8. Пак А.А., Сухорукова Р.Н., Николаев А.И. Повышение энергоэффективности ограждающих конструкций зданий и контроль качества строительных материалов и изделий // Вестник Томского государственного университета. Химия. 2019. № 14. С. 53–64. DOI: 10.17223/24135542/14/4
9. Кирютина С.Е. Актуальность разработки системы контроля качества деревянных конструкций строящегося здания // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 2 (49). С. 48–52.
10. Логанина В.И. К вопросу о методике оценки качества строительных материалов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2021. № 1 (264). С. 23–26.



11. Ефимова Н.В. Формирование системы потребительских качеств здания как условия реализации национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» // Актуальные вопросы экономических наук. 2008. № 1. С. 124–128.
12. Невьянцева А.С. Современные стандарты качества жизни и их отражение в строительстве зданий // Дни студенческой науки: Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института экономики, управления и информационных систем в строительстве и недвижимости, Москва, 04–07 марта 2019 года. М.: Издательство МИСИ-МГСУ, 2019. С. 75–77.
13. Генералов В.П., Генералова Е.М. Образ жизни, архитектура, и качество городской среды // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11, № 1(42). С. 160–168. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.20
14. Naruna M., Tasaka R. A study on systems analysis of construction planning and scheduling method // Proceedings of the Japan Society of Civil Engineers. 1982. №3, P. 318–322.
15. Ескалиев М.Ж. Мухаметзянов З.Р. Методические основы применения BIM-технологий для разработки организационно-технологических решений // Проблемы строительного комплекса России: Материалы XXVI Всероссийской научно-технической конференции. Уфа, 18 марта 2022 года. Уфа: Издательство УГНТУ, 2022. С. 66–68.
16. Мухамбетжан З.Е. Мухаметзянов З.Р. Анализ особенностей разработки организационно-технических решений при строительстве промышленных объектов // Экономика строительства. 2022. № 2(74). С. 90–98.
17. Faulconbridge R.I., Ryan M. Applied Systems engineering. Australia, Yarralumla: Argos Press Pty Ltd, 2021. 348 p. pp. 119–121.
18. Gusev E.V., Mukhametzyanov Z.R., Razyapov R.V. Technique for determination of rational boundaries in combining construction and installation processes based on quantitative estimation of technological connections // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE). 2017. Vol. 262. № 012140. DOI: 10.1088/1757-899X/262/1/012140.
19. Rebentisch E. Integrating program management and systems engineering: methods, tools, and organizational systems for improving performance. USA, New York: John Wiley & Sons Inc., 2017, 396 p. P. 25–29.
20. Мироненко И. Н. Теория систем и системотехника как современные прикладные инструменты системного анализа // Экономика и управление: проблемы, решения. 2022. № 6, Т. 4. С. 134–141; DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2022.06.04.017.
21. Мухаметзянов З.Р., Олейник П.П. Формирование организационно-технологических решений при строительстве отраслевых комплексов // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 11. С. 35–41. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.11.35-41.
22. Blokdyk G. Building lifecycle management. London: 5STARCOoks Publ., 2020. P. 56–61.
23. Ескалиев М.Ж. Мухаметзянов З.Р. Исследования современного состояния вопроса разработки организационно-технологических решений при строительстве объектов // Экономика строительства. 2022. № 2 (74). С. 52–60.
24. Innovative research projects in the field of building lifecycle management / L. Ustinovičius, R. Rasiulis, L. Nazarko, T. Vilutienė, M. Reizgevičius // Procedia Engineering. 2015. No. 122. P. 166–171. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.10.021
25. Ескалиев М.Ж. Мухаметзянов З.Р. Перспективы использования технологий информационного моделирования при проектировании жилых малоэтажных объектов // Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук. Материалы Международной научно-технической конференции. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2022. С. 243–248.
26. Managing Choice Uncertainties in Life-Cycle Assessment as a Decision-Support Tool for Building Design: A Case Study on Building Framework / P. Ylmén, J. Berlin, K. Mjörnell, J. Arfvidsson // Sustainability. 2020. No. 12(12). 5130. DOI: 10.3390/su12125130
27. Eisner H. Systems engineering. Building successful systems. London: Morgan & Claypool Publishers. 2011. P.94–98.
28. Effect of star rating improvement of residential buildings on life cycle environmental impacts and costs / H. Islam, M. Bhuiyan, Q. Tushar, S. Navaratnam, G. Zhang // Buildings. 2022;12:1605–1612. DOI: 10.3390/buildings12101605.
29. Myers D. Construction Economics. A New Approach. New York: Routledge, 2022. P.17–21.
30. Abel C. Architecture, technology and process. London: Architectural Press, 2004. P.126–133.
31. Mukhametzyanov Z., Oleinik P., Sustainability method organizational and technological decisions in the construction of industrial complexes // E3S Web of Conferences. Chelyabinsk, 2021. P. 09056. DOI: 10.1051/e3sconf/202125809056
32. Mukhametzyanov Z. R., Mogucheva T. A. Conditions for achieving sustainability of organizational and process solutions in the facilities construction // AIP Conference Proceedings. 2022. 2559(1). P06001. DOI: 10.1063/5.0099132

33. Строительные риски и возможности их минимизации / С.Н. Богачев, А.А. Школьников, Р.Э. Розентул, Н.А. Климова // *Academia. Архитектура и строительство*. 2015. № 1. С. 88–92.

34. Табунщиков Ю.А., Гранев В.В., Наумов А.Л. Рейтинговая система оценки качества здания в России // *АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика*. 2010. № 6. С. 16–21.

#### References

1. Novikova K.E. [A microclimate – the main consumer quality of the building]. *Vestnik Magistratury*. 2020;1-3(100):26–29. (in Russ.)

2. Ignashchenko O.O., Chernukhina S.A. [Ensuring the quality of the microclimate in the premises of modern residential buildings]. In: *Aktual'nye problemy stroitel'stva, ZhKKh i tekhnosfernoy bezopasnosti. Materialy VI Vserossiyskoy (s mezhdunarodnym uchastiem) nauchno-tekhnicheskoy konferentsii molodykh issledovateley*. [Current problems of construction, housing and public utilities and technosphere safety. Materials VI All-Russian (with the international participation) a scientific and technical conference of young researchers]. Volgograd: Volgograd State Technical University; 2019. 359–361. (in Russ.)

3. Bayburin A.H., Nikonorov S.V. [About improvement of standards of quality of construction of residential buildings]. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015;8:8–9. (in Russ.)

4. Zhamsueva G.S. [Standardization and quality control at stages of process of construction of the building]. In: *Teoreticheskie i prakticheskie problemy razvitiya sovremennoy nauki. Materialy XIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Theoretical and practical problems of development of modern science. Materials XIII of the International scientific and practical conference]. Makhachkala: Limited Liability Company “Approbation”; 2017. P. 20–21. (in Russ.)

5. Petrova A.A., Mikhailov D.A. Prospects for the construction of frame buildings and improving the quality of their construction. *The Scientific Heritage*. 2022;103:4–6. (in Russ.) DOI: 10.5281/zenodo.7467490

6. Mayakova A.V. Category “quality” in the management paradigm foreshortening on the example of process of design of buildings and constructions. *Quality and life*. 2017;2(14):74–78. (in Russ.)

7. Godunova G.N. [Methods of economic assessment of quality of design solutions of low residential buildings]. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2009;3:8–9. (in Russ.)

8. Pak A.A., Sukhorukova R.N., Nikolaev A.I. Enhancement of energy efficiency of enclosure for the arctic and quality control of construction materials and products. *Tomsk State University Journal of Chemistry*. 2019;14:53–64. (in Russ.) DOI: 10.17223/24135542/14/4

9. Kiriutina S.E. Relevance of developing the quality control system of wooden designs of buildings under construction. *Bulletin of Civil Engineers*. 2015;2(49):48–52. (in Russ.)

10. Loganina V.I. To the issue of assessing the quality of building materials methodology. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka* [Building materials, equipment, technologies of the XXI century]. 2021;1(264):23–26. (in Russ.)

11. Yefimova N.V. [Formation of system of consumer qualities of the building as conditions of implementation of the national project “Affordable and comfortable housing – to citizens of Russia”]. *Aktual'nye voprosy ekonomicheskikh nauk* [Topical issues of economic sciences]. 2008;1:124–128. (in Russ.)

12. Nev'yantseva A.S. [The modern quality standards of life and their reflection in construction of buildings]. In: *Dni studentcheskoy nauki: Sbornik dokladov nauchno-tekhnicheskoy konferentsii po itogam nauchno-issledovatel'skikh rabot studentov instituta ekonomiki, upravleniya i informatsionnykh sistem v stroitel'stve i nedvizhimosti, Moskva, 04–07 marta 2019 goda*. [Days of Student Science: A collection of reports of a scientific and technical conference on the results of research works of students of the Institute of Economics, Management and Information Systems in Construction and Real Estate, Moscow, 04–07 March 2019]. Moscow: MISI-MGSU Publishing House; 2019. P. 75–77. (in Russ.)

13. Generalov V. P., Generalova E.M. Lifestyle, architecture and quality of the urban environment. *Grado-stroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture]. 2021;11-1(42):160–168. (in Russ.) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.01.20

14. Haruna M., Tasaka R. A study on systems analysis of construction planning and scheduling method. *Proceedings of the Japan Society of Civil Engineers*. 1982;3:318–322.

15. Eskaliev M.Zh. Mukhametzyanov Z.R. [Methodological foundations of the use of BIM technologies for the development of organizational and technological solutions] In: *Problemy stroitel'nogo kompleksa Rossii: Materialy XXVI Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Ufa, 18 marta 2022 goda*. [Problems of the construction complex of Russia: Materials of the XXVI All-Russian Scientific and Technical Conference. Ufa, March 18, 2022.]. Ufa: USPTU Publishing House; 2022. P. 66–68. (in Russ.)

16. Mukhambetzhana Z.Y., Mukhametzyanov Z.R. Analysis the development at organizational and technical solutions in the construction of the industrial objects. *Construction economy*. 2022;2(74):90–98. (in Russ.)

17. Faulconbridge R.I., Ryan M. *Applied Systems engineering*. Australia, Yarralumla: Argos Press Pty Ltd; 2021. 348 p. pp. 119–121.
18. Gusev E.V., Mukhametzyanov Z.R., Razyapov R.V. Technique for determination of rational boundaries in combining construction and installation processes based on quantitative estimation of technological connections. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE)*. 2017;262:012140. DOI: 10.1088/1757-899X/262/1/012140.
19. Rebentisch E. *Integrating program management and systems engineering: methods, tools, and organizational systems for improving performance*. USA, New York: John Wiley & Sons Inc.; 2017. 396 p. P. 25–29.
20. Mironenko I. N. Systems theory and system engineering as modern applied tools of system analysis. *Economics and management: problems, solutions*. 2022;6(4):134–141 (In Russ.) DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2022.06.04.017
21. Mukhametzyanov Z.R., Oleynik P.P. Formation of organizational and technological solutions for the construction of industrial complexes. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering]. 2019;11:35–41. (In Russ.) DOI: 10.33622/0869-7019.2019.11.35-41
22. Blokdyk G. *Building lifecycle management*. London: 5STARCOoks Publ.; 2020. P. 56–61.
23. Yeskaliyev M.ZH., Mukhametzyanov Z.R. Study of the current state of development of organizational and technological solutions in the construction of facilities. *Construction economy*. 2022;2(74):52–60. (in Russ.)
24. Ustinovičius L., Rasiulis R., Nazarko L., Vilutienė T., Reizgevičius M. Innovative research projects in the field of building lifecycle management. *Procedia Engineering*. 2015;122:166–171. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.10.021
25. Yeskaliyev M.Zh., Mukhametzyanov Z.R. [Prospects for the use of information modeling technologies in the design of residential low-rise buildings] / In: *Aktual'nye problem tekhnicheskikh, estestvennykh, gumanitarnykh nauk. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Actual problems of technical, natural, humanitarian sciences. Materials of the International Scientific and Technical Conference]. Ufa:USPTU Publ.; 2022. P. 243–248. (in Russ.)
26. Ylmén P, Berlin J, Mjörnell K, Arfvidsson J. Managing Choice Uncertainties in Life-Cycle Assessment as a Decision-Support Tool for Building Design: A Case Study on Building Framework. *Sustainability*. 2020;12(12):5130. DOI: 10.3390/su12125130
27. Eisner H. *Systems engineering. Building successful systems*. London: Morgan & Claypool Publishers; 2011. P. 94–98.
28. Islam H., Bhuiyan M., Tushar Q., Navaratnam S., Zhang G. Effect of star rating improvement of residential buildings on life cycle environmental impacts and costs. *Buildings*. 2022;12:1605–1612. DOI: 10.3390/buildings12101605.
29. Myers D. *Construction Economics. A New Approach*. New York: Routledge; 2022. P. 17–21.
30. Abel C. *Architecture, technology and process*. London: Architectural Press; 2004. P. 126–133.
31. Mukhametzyanov Z., Oleinik P. Sustainability method organizational and technological decisions in the construction of industrial complexes. *E3S Web of Conferences*. Chelyabinsk, 2021:09056. DOI 10.1051/e3sconf/202125809056
32. Mukhametzyanov Z.R., Mogucheva T.A. Conditions for achieving sustainability of organizational and process solutions in the facilities construction. *AIP Conference Proceedings*. 2022;2559(1):06001. DOI: 10.1063/5.0099132
33. Bogachev S.N., Shkolnikov A.A., Rozentul R.A., Klimova N.A. Construction risks and means of their minimization. *Academia. Architecture and Construction*. 2015;1:88–92. (in Russ.)
34. Tabunshchikov Yu.A., Granev V.V., Naumov A.L. [The rating system of assessment of quality of the building in Russia]. *AVOK*. 2010;6:16–21. (in Russ.)

#### **Информация об авторах:**

**Ескалиев Мейрамбек Жумагельдиевич**, аспирант кафедры «Автомобильные дороги, мосты и транспортные сооружения», Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Республика Башкортостан, Россия; eskaliev-1991@mail.ru

**Мухаметзянов Зинур Ришатович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобильные дороги, мосты и транспортные сооружения», Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Республика Башкортостан, Россия; zinur-1966@mail.ru

#### **Information about the authors:**

**Meirambek Z. Yeskaliyev**, Graduate student, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia; eskaliev-1991@mail.ru

**Zinur R. Mukhametzyanov**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia; zinur-1966@mail.ru

**Статья поступила в редакцию 20.07.2023, принята к публикации 28.07.2023.**

**The article was submitted 20.07.2023; approved after reviewing 28.07.2023.**