

УДК 69.051
МРНТИ 67.13.85

Мухаметзянов З. Р., доктор технических наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0002-6668-9846>
«Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа, ул. Космонавтов 1,
Республика Башкортостан. zinur-1966@mail.ru

Ескалиев М.Ж., магистр технических наук, <https://orcid.org/0009-0002-1402-7637>
НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана»,
г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Казахстан, eskaliev-1991@mail.ru

Мұхамбетжан З. Е., магистр технических наук, <https://orcid.org/0009-0006-8577-5818>
НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана»,
г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Казахстан, zerek-wkau@yandex.ru

Mukhametzyanov Z. R., Doctor of Technical Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0002-6668-9846>

«Ufa State Petroleum Technical University», Ufa, Kosmonavtov str. 1, Republic of Bashkortostan.
zinur-1966@mail.ru

Eskaliev M. Zh., Master of Technical Sciences, <https://orcid.org/0009-0002-1402-7637>
NPJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan», Uralsk, 51
Zhangir Khan str., 090009, Kazakhstan, eskaliev-1991@mail.ru

Mukhambetzhn Z. Y., Master of Technical Sciences, <https://orcid.org/0009-0006-8577-5818>
NPJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan», Uralsk, 51
Zhangir Khan str., 090009, Kazakhstan, zerek-wkau@yandex.ru

МЕТОДОЛОГИЯ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ METHODOLOGY OF INTEGRAL QUALITY INDICATOR IN CONSTRUCTION

Аннотация

Качество строительной продукции является одним из ключевых факторов, определяющих успешность и перспективы развития этой области практической деятельности (материального производства). Показатели качества отражают степень соответствия строительного объекта заданным эксплуатационным параметрам, эффективности и надежности функционирования. Разработка эффективных решений для достижения качественных показателей строительной продукции и их практическая реализация остаются актуальными задачами в архитектурно-строительной и производственной сферах, требующими усовершенствования соответствующих методов исследований. Целью данной статьи является методическое обоснование процедуры анализа показателей качества строительной продукции на различных этапах (периодах) жизненного цикла и создание на этой основе интегрального показателя качества строительной продукции. Под качеством строительной продукции понимается способность созданного материального объекта обеспечивать заданные функциональные параметры процессов, свойств и состояний.

Основным результатом исследования является разработка научной гипотезы для оценки возможных решений с использованием интегрального показателя качества строительного объекта. Этот показатель был разработан на основе результатов системного анализа решений по формированию и обеспечению качества строительного объекта на различных этапах (обязательных и возможных) его жизненного цикла. Предложенная концепция может быть рассмотрена как способ расширения возможностей управления производственными процессами для достижения качественных показателей строительных объектов различного функционально-технологического назначения.

ANNOTATION

The quality of construction products is one of the key factors determining the success and development prospects of this field of practical activity (material production). Quality indicators reflect the degree to which a construction object meets specified operational parameters, efficiency,

and reliability. Developing effective solutions to achieve quality indicators of construction products and their practical implementation remains a relevant task in architectural, construction, and production activities, requiring improvement of the relevant research methods. The aim of this article is to methodologically substantiate the procedure for analyzing quality indicators of construction products at various stages (periods) of the life cycle and to create an integral quality indicator of construction products based on this analysis. The quality of construction products refers to the ability of the created material object to meet specified functional parameters of processes, properties, and states.

The main result of the research is the development of a scientific hypothesis for evaluating possible solutions using the integral quality indicator of a construction object. This indicator was developed based on the results of a systematic analysis of decisions regarding the formation and implementation of the quality of a construction object at various stages (mandatory and optional) of its life cycle. The proposed concept can be considered as a way to expand the capabilities of managing production processes to achieve quality indicators of construction objects with various functional and technological purposes.

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

Key words: *construction objects, quality, system analysis, life cycle, analytical indicators, integrated indicator, technical and economic indicators.*

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 определяют соответствующие особенности и функциональное качество строительных объектов.

К современным строительным объектам, предназначенным для удовлетворения разнообразных и многочисленных жизненных и общественных потребностей населения, предъявляется большое число проектных, строительных и эксплуатационных требований, включая и условия безопасной утилизации и/или вторичного использования строительных конструкций и материалов.

Именно по этой причине условия и возможности обеспечения 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] качество функционирования строительного объекта жилого назначения связано с приоритетными условиями обеспечения микроклимата внутреннего пространства.

В работах [3,4,5] обеспечение качества строительной продукции (зданий и сооружений жилого назначения) рассматривается в контексте развития и совершенствования организационно-технологической последовательности процессов возведения.

Влияние уровня разработки проектных (архитектурных, конструктивных, функциональных, организационно-технологических) решений, а также их отображения в составе разделов соответствующей проектной документации на показатели качества строительной продукции — рассматривается в научных трудах [6,7].

В научных трудах [8,9,10] рассмотрены направления развития качества строительных материалов и конструкций, а также совершенствования технологических приемов по их изготовлению и применению в составе конструктивных систем, в контексте повышения качества завершённых строительством объектов.

Формирование показателей качества строительной продукции становится отображением социальных и культурных запросов современного общества к организации и функционированию среды жизнедеятельности в составе существующих и перспективных форматов градостроительных образований [11,12,13].

Проведенный литературный обзор отображает определенную «схематичность» действующих подходов, характеризующихся обращением к ограниченному числу избирательно

принимаемых факторов влияния. Данное обстоятельство актуализирует такую постановку целей и задач исследований, которые ориентированы на целостный, разносторонний и многофакторный анализ особенностей формирования качества строительной продукции. Результатом такого рода анализа предполагается количественный измеритель, который способен отобразить особенности формирования качества строительной продукции для всех обязательных и возможных этапов жизненного цикла.

Методы исследования Формирование качества современных строительных объектов различного функционального назначения является результатом создания и функционирования сложной, целостной и динамично изменяющейся структуры — системы строительного производства. Систему строительного производства, сопровождающую разработку и практическую реализацию каждого конкретного объекта строительства, равно, как и строительной отрасли в целом, можно охарактеризовать, как способ организации взаимодействия элементов различной природы (материального и нематериального происхождения), образующих структурную и функциональную целостность [14,15,16,17].

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 анализа объекта исследований, как системы или целостного комплекса взаимодействующих частей и элементов [18,19,20].

Системный подход предоставляет возможности приложения теории познания и общей диалектики к исследованию определенных предметных процессов и явлений на базе следующих основных принципов целостности, 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 [21,22,23,24].



Рисунок 1 – Концепция системы управления жизненным циклом строительного объекта

Отображение 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 (Рисунок 2).

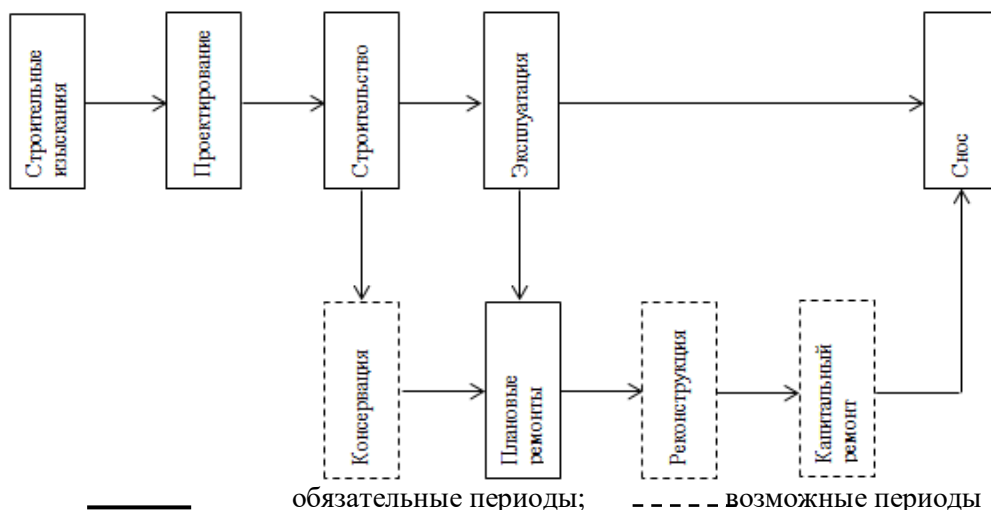


Рисунок 2 – Система свойств и состояний строительной продукции на этапах (периодах) жизненного цикла

Иерархическая подчинённость и прогрессивная связь отдельных периодов жизненного цикла (как обязательных, так и возможных, см. Рисунок 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 [25,26,27].

Например, показатели эффективности эксплуатации малоэтажного здания жилого назначения (например, до первого планового ремонта) находятся в прямой зависимости от качества решений, принятых на предыдущих этапах жизненного цикла [28,29]:

- *проектирования* (разработка показателей качества конструктивной системы);
- *возведения* (реализация строительных процессов, направленных на реализацию разработанных ранее показателей качества строительной системы).

Таким образом, объективная оценка качества строительного объекта возможна только при анализе результатов всех, но, прежде всего, обязательных периодов его жизненного цикла.

Качество строительных объектов (например, малоэтажных зданий жилого назначения) принято оценивать некоторым количеством показателей: абсолютных и относительных. Рассматриваемые виды показателей получили название технико-экономических показателей (ТЭП) строительства [30,31,32].

Например, к числу абсолютных ТЭП малоэтажного жилого дома 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) 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 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 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 качества здания (показателя эффективности соответствующего объемного решения или конструктивной схемы).

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

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

Системный подход исследований, связанный с анализом формирования качества строительной продукции на всех этапах жизненного цикла, способен решить проблему обособления оценки показателей отдельного этапа и обеспечивать 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, принимаемых для конкурентного сравнения, характеризуются некоторым количеством абсолютных и относительных показателей, а оценка предложенных вариантов осуществляется, например, с применением рейтинговой системы анализа [34].

В Таблице 1 приведены значения абсолютных и относительных показателей по четырем вариантам проектных решений малоэтажного жилого дома (на 6 квартир).

Таблица 1 – Абсолютные и относительные показатели, характеризующие функциональное качество малоэтажного жилого дома (жилой площадью 33.29 м²) 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 ²	88,77	93,44	84,16	102,3
2	Полезная (жилая) площадь	м ²	33,29	33,29	33,29	33,29
3	Строительный объем здания	м ³	420,23	400,80	440,14	450,66
4	Площадь застройки	м ²	160,87	177,12	95,38	102,34
Относительные показатели						

1	2	3	4	5	6	7
5	Коэффициент относительной эффективности объемно-планировочного решения	$\frac{m^2}{m^3}$	0,079	0,083	0,075	0,073
6	Коэффициент относительной эффективности планировочного решения	$\frac{m^2}{m^2}$	0,375	0,356	0,396	0,325
7	Коэффициент относительной эффективности застройки	$\frac{m^3}{m^2}$	2,612	2,262	4,614	4,403

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

1. Наивысший показатель качества по рассматриваемому показателю соответствует варианту проектных решений №3 (наименьшее из возможных значений, которое составляет: 84.16 м²). 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 м²). Соответственно, рассматриваемому варианту проектного решения присваивается рейтинг: 2.

3. Следующим, за вариантами проектных решений №1 и 3, является вариант № 2 (значение составляет: 93.44 м²). Соответственно, рассматриваемому 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 м²). Соответственно, рассматриваемому варианту проектного решения присваивается наихудший (максимальный по абсолютному значению) рейтинг: 4.

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

Таблица 2 – Рейтинг абсолютных и относительных показателей, характеризующих функциональное качество малоэтажного жилого дома (жилой площадью 33.29 м²) 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 ²	2 (88,77)	3 (93,44)	1 (84,16)	4 (102,3)
2	Полезная (жилая) площадь	м ²	1 (33,29)	1 (33,29)	1 (33,29)	1 (33,29)
3	Строительный объем здания	м ³	2 (420,23)	1 (400,80)	3 (440,14)	4 (450,66)
4	Площадь застройки	м ²	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 ² / м ³	2 (0,079)	1 (0,083)	3 (0,075)	4 (0,073)
6	Коэффициент относительной эффективности планировочного решения	м ² / м ²	2 (0,375)	3 (0,356)	1 (0,396)	4 (0,325)

1	2	3	4	5	6	7
7	Коэффициент относительной эффективности застройки	м ³ / м ²	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

Рейтинговая система, несмотря на заведомую сложность сбора и обработки исходных для анализа данных, позволяет осуществлять комплексный и многофакторный анализ с привлечением факторов влияния различной природы, которые наиболее точно и полно характеризуют суть рассматриваемых процессов, свойств и состояний строительного объекта.

Анализ рейтингов вариантов проектных решений, приведенных в Таблице 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 свойств и состояний строительной продукции предлагается концепция **интегрального показателя качества** строительного объекта (конструктивной части или отдельной конструкции). Интегральный показатель качества является количественной характеристикой свойств и состояний строительного объекта и определяется в контексте связей периодов жизненного цикла (см. Рисунок 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) относительного 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 строительных решений (строительства, возведения).

– 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 эксплуатационных 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 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 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 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 качества строительной продукции определяется зависимостью вида:

$$P_k = (a_1 \cdot P_1) + (a_2 \cdot P_2) + (a_3 \cdot P_3) + (a_4 \cdot P_4) + (a_5 \cdot P_5) + (a_6 \cdot P_6) + (a_0^1 \cdot P_0^1) + (a_0^2 \cdot P_0^2) + (a_0^3 \cdot P_0^3). \quad (10)$$

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 качества (с применением интегрального показателя формирования 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 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 процессов, 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 Таблице 3 (в качестве примера адаптации рассмотренной методики к решению практических задач) представлены результаты анализа качества строительного объекта с применением единичных и относительных показателей по шести вариантам конструктивных решений.

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

Таблица 3 – Данные о качестве конструктивных решениях, 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

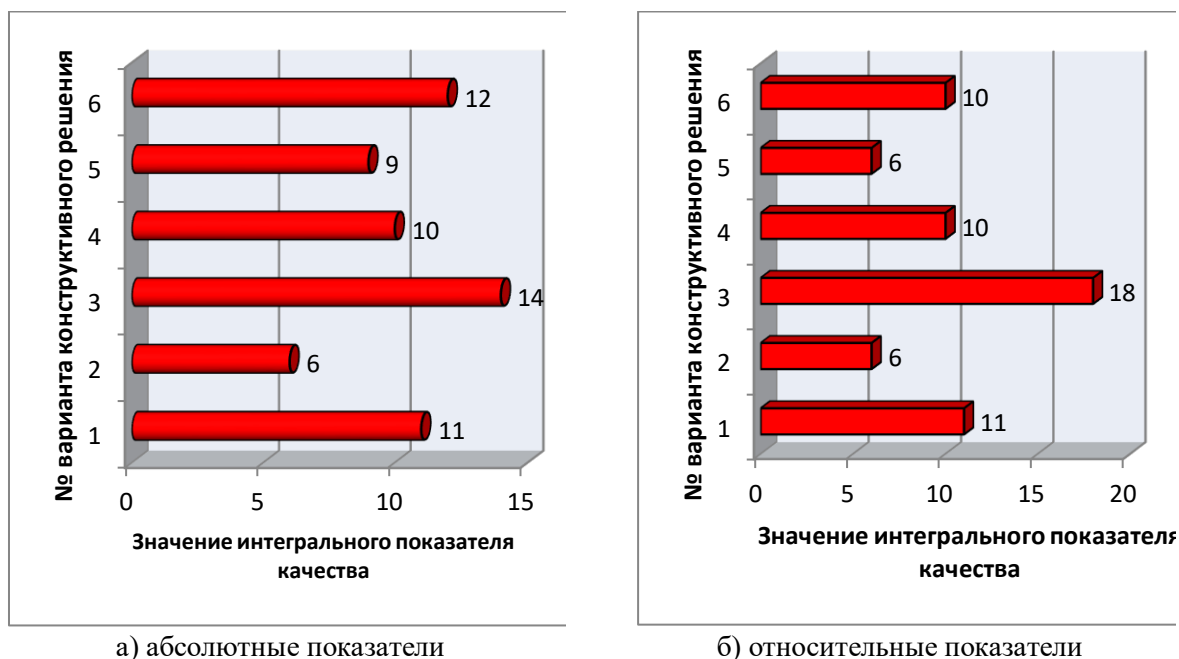


Рисунок 3 – Интегральный показатель качества строительного объекта

Для проведения анализа были рассмотрены некоторые из обязательных этапов жизненного цикла, но оказывающее непосредственное влияние на качество строительной продукции.

Исключительно в методических целях (для упрощения процедуры анализа) всем рассматриваемым показателям присвоен равный удельный вес (значение, равным: 1.0).

Определение точных значений характеристик удельного веса абсолютных и относительных показателей является сложной аналитической процедурой, которая требует учета значительного числа факторов влияния и зависит от конкретных технологических, организационных и управленческих условий. По некоторым, экспертным оценкам, диапазон возможных значений удельного веса абсолютных и относительных показателей составляет: от 0,5 до 2,5. Определение или верификация значений удельного веса абсолютных и относительных показателей качества представляется одним из прикладных объектов исследований в направлении совершенствования нормативно-технического регулирования в строительстве.

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: t_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 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 условия формирования показателей качества строительных объектов.

2. Разработанную концепцию «интегральный показатель качества строительной продукции» можно рассматривать как направление расширения возможностей в отношении управления производственными процессами, обеспечивающими достижение показателей качества строительных объектов различного функционально-технологического назначения.

3. Концепция формирования количественной оценки 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 [Текст] / К.Е. Новикова // Вестник магистратуры. – 2020. – № 1-3 (100). – С. 26–29.

2 Игнащенко, О.О. Обеспечение качества микроклимата в помещениях современных жилых зданий [Текст] / О.О. Игнащенко, С.А. Чернухина // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности. Материалы VI Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей – Волгоград: – 2019. – С.359–361.

3 Байбурин, А.Х. О совершенствовании нормативов качества возведения жилых зданий [Текст] / А.Х. Байбурин, С.В. Никоноров // Жилищное строительство. – 2015. – № 8. – С. 8–9.

4 Жамсуева, Г.С. Стандартизация и контроль качества на стадиях процесса возведения здания [Текст] / Г.С. Жамсуева // Теоретические и практические проблемы развития современной науки. Материалы XIII Международной научно-практической конференции – Махачкала: – 2017. – С.20–21.

5 Петрова, А.А. Перспективы строительства малоэтажных каркасных зданий и повышение качества их возведения [Текст] / А.А. Петрова, Д.А. Михайлов // The scientific heritage. – 2022. – № 103. – С. 4–6.

6 Маякова, А.В. Категория «качество» в ракурсе парадигмы менеджмента на примере процесса проектирования зданий и сооружений [Текст] / А.В. Маякова // Качество и жизнь. – 2017. – № 2 (14). – С. 74–78.

7 Годунова, Г.Н. Методы экономической оценки качества проектных решений малоэтажных жилых зданий [Текст] / Г.Н. Годунова // Жилищное строительство. – 2009. – № 3. – С. 8–9.

8 Пак, А.А. Повышение энергоэффективности ограждающих конструкций зданий и контроль качества строительных материалов и изделий [Текст] / А.А. Пак, Р.Н. Сухорукова, А.И. Николаев // Вестник Томского государственного университета. – 2019. – № 14. – С. 53–64.

9 Кирютина, С.Е. Актуальность разработки системы контроля качества деревянных конструкций строящегося здания [Текст] / С.Е. Кирютина // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 2 (49). – С. 48–52.

10 Логанина, В.И. К вопросу о методике оценки качества строительных материалов [Текст] / В.И. Логанина // 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 [Текст] / Н.В. Ефимова // Актуальные вопросы экономических наук. – 2008. – № 1. – С. 124–128.

12 Невьянцева, А.С. Современные стандарты качества жизни и их отражение в строительстве зданий [Текст] / А.С. Невьянцева // Дни студенческой науки. Материалы научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института экономики, управления и информационных систем в строительстве и недвижимости – М.: – 2019. – С.75–77.

13 Генералов, В.П. Образ жизни, архитектура, и качество городской среды [Текст] / В.П. Генералов, Е.М. Генералова // Градостроительство и архитектура. – 2021. – Том 11. № 1 (42). – С. 160–168.

14 [Mamoru Haruna](#), Ryuichiro Tasaka, “A study on systems analysis of construction planning and scheduling method”, Proceedings of the Japan Society of Civil Engineers 3, 318–322 (1982).

- 15 Ескалиев, М.Ж. Методические основы применения BIM-технологий для разработки организационно-технологических решений (разделов проекта производства работ, ППР) строительства [Текст] / М.Ж. Ескалиев, З.Р. Мухаметзянов // Проблемы строительного комплекса России. Материалы XXVI Всероссийской научно-технической конференции – Уфа.: - 2022. – С.66-68.
- 16 Мухамбетжан, З.Е. Анализ особенностей разработки организационно-технических решений при строительстве промышленных объектов [Текст] / З.Е. Мухамбетжан, З.Р. Мухаметзянов // Экономика строительства. – 2022. – № 2. – С. 90–98.
- 17 R. Ian Faulconbridge, Mike Ryan, *Applied Systems engineering* [Текст] (Argos Press Pty Ltd, Yarralumla, Australia, 2021), pp.119–121.
- 18 Gusev, E.V Technique for Determination of Rational Boundaries in Combining Construction and Installation Processes Based on Quantitative Estimation of Technological Connections [Tekst] / E.V Gusev, Z.R Mukhametzyanov, R.V Razyapov // [IOP Conference Series: Materials Science and Engineering \(MSE\)](#). – 2017. – Vol. 262. – №012140 – doi: 10.1088/1757-899X/262/1/012140.
- 19 Eric Rebentisch, *Integrating Program Management and Systems Engineering: Methods, Tools, and Organizational Systems for Improving Performance* [Текст] / (Wiley, New York, USA, 2017), pp.25–29.
- 20 Ilya, N. Mironenko, “Systems theory and system engineering as modern applied tools of system analysis”, [Tekst] / Economics and management: challenges, solutions 6 (126), 134–142 (2022).
- 21 Мухаметзянов, З.Р. Формирование организационно-технологических решений при строительстве отраслевых комплексов [Текст] / З.Р. Мухаметзянов, П.П. Олейник // Промышленное и гражданское строительство – 2019. – № 11. – С. 35-41. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.11.35-41.
- 22 Gerardus, B. *Building Lifecycle Management* [Tekst] / B. Gerardus // (5STARCOoks, London, Great Britain, 2020), pp.56–61.
- 23 Ескалиев, М.Ж. Исследования современного состояния вопроса разработки организационно-технологических решений при строительстве объектов [Текст] / М.Ж. Ескалиев, З.Р. Мухаметзянов // Экономика строительства. – 2022. – № 2. – С. 52–60.
- 24 Leonas Ustinovičius, Romas Rasiulis, Lukasz Nazarko, Tatjana Vilitienė, Marius Reizgevičius, “Innovative Research Projects in the Field of Building Lifecycle Management”, [Tekst] / *Procedia Engineering* **122**, 166–171 (2015).
- 25 Ескалиев, М.Ж. Мухаметзянов З.Р. Перспективы использования технологий информационного моделирования при проектировании жилых малоэтажных объектов [Текст] / М.Ж. Ескалиев, З.Р. Мухаметзянов // Актуальные проблемы технических, естественных, гуманитарных наук. Материалы Международной научно-технической конференции – Уфа.: - 2022. – С.243-248.
- 26 Peter Ylmén, Johanna Berlin, Kristina Mjörnell, Jesper Arfvidsson, “Managing Choice Uncertainties in Life-Cycle Assessment as a Decision-Support Tool for Building Design: [Tekst] / A Case Study on Building Framework”, *Sustainability* **12**, 130–138 (2020).
- 27 Howard Eisner, *Systems Engineering. Building Successful Systems* (Morgan & Claypool Publishers, London, Great Britain, 2011), pp.94–98.
- 28 Hamidul Islam, Muhammed Bhuiyan, [Tekst] Quddus Tushar, Satheeskumar Navaratnam, Guomin Zhang, “Effect of Star Rating Improvement of Residential Buildings on Life Cycle Environmental Impacts and Costs”, *Buildings* **12**, 1605–1612 (2022).
- 29 Danny Myers, *Construction Economics. A New Approach* [Tekst] (Routledge, New York, USA, 2022), pp.17–21.
- 30 Chris Abel, *Architecture, Technology and Process* [Tekst] (Architectural Press, London, Great Britain, 2004), pp.126–133.
- 31 Mukhametzyanov Z., Oleinik P., “Sustainability method organizational and technological decisions in the construction of industrial complexes”, in “*E3S Web of Conferences*. [Tekst] / *Сер. "Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region UESF 2021"* (Chelyabinsk, Russia, 2021).

32 Z. R. Mukhametzyanov and T. A. Mogucheva, “Conditions for achieving sustainability of organizational and process solutions in the facilities construction” [Tekst] / AIP Conference Proceedings 2559, 22–27 (2022).

33 Bogachev S.N. “Construction risks and opportunities for their minimization”, Academia. [Tekst] / S.N. Bogachev // Architecture and construction 1, 88–92 (2015).

34 Табунщиков Ю.А. Рейтинговая система оценки качества здания в России [Текст] / Ю.А. Табунщиков, В.В. Гранев, А.Л. Наумов // АВОК – 2010. – № 6. – С. 16–21.

REFERENCES

1 Novikova, K.E. Mikroklimat — osnovnoe potrebitel'skoe kachestvo zdaniya [Tekst]/ K.E. Novikova // Vestnik magistratury. – 2020. – № 1-3 (100). – S. 26–29.

2 Ignashchenko, O.O. Obespechenie kachestva mikroklimata v pomeshcheniyah sovremennyh zhilyh zdaniy [Tekst] / O.O. Ignashchenko, S.A. Chernuhina // Aktual'nye problemy stroitel'stva, ZHKH i tekhnosfernoj bezopasnosti. Materialy VI Vserossijskoj (s mezhdunarodnym uchastiem) nauchno-tekhnicheskoy konferencii molodyh issledovatelej – Volgograd: – 2019. – S.359–361.

3 Bajburin, A.H. O sovershenstvovanii normativov kachestva vozvedeniya zhilyh zdaniy [Tekst] / A.H. Bajburin, S.V. Nikonorov // ZHilishchnoe stroitel'stvo. – 2015. – № 8. – S. 8–9.

4 ZHamsueva, G.S. Standartizaciya i kontrol' kachestva na stadiyah processa vozvedeniya zdaniya [Tekst] / G.S. ZHamsueva // Teoreticheskie i prakticheskie problemy razvitiya sovremennoj nauki. Materialy XIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii – Mahachkala: – 2017. – S.20–21.

5 Petrova, A.A. Perspektivy stroitel'stva maloetazhnyh karkasnyh zdaniy i povyshenie kachestva ih vozvedeniya [Tekst] / A.A. Petrova, D.A. Mihajlov // The scientific heritage. – 2022. – № 103. – S. 4–6.

6 Mayakova, A.V. Kategoriya «kachestvo» v rakurse paradigmy menedzhmenta na primere processa proektirovaniya zdaniy i sooruzhenij [Tekst] / A.V. Mayakova // Kachestvo i zhizn'. – 2017. – № 2 (14). – S. 74–78.

7 Godunova, G.N. Metody ekonomicheskoy ocenki kachestva proektnyh reshenij maloetazhnyh zhilyh zdaniy [Tekst] / G.N. Godunova // ZHilishchnoe stroitel'stvo. – 2009. – № 3. – S. 8–9.

8 Pak, A.A. Povyshenie energoeffektivnosti ograzhdayushchih konstrukcij zdaniy i kontrol' kachestva stroitel'nyh materialov i izdelij [Tekst] / A.A. Pak, R.N. Suhorukova, A.I. Nikolaev // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2019. – № 14. – S. 53–64.

9 Kiryutina, S.E. Aktual'nost' razrabotki sistemy kontrolya kachestva derevyannyh konstrukcij stroyashchegosya zdaniya [Tekst] / S.E. Kiryutina // Vestnik grazhdanskih inzhenerov. – 2015. – № 2 (49). – S. 48–52.

10 Loganina, V.I. K voprosu o metodike ocenki kachestva stroitel'nyh materialov [Tekst] / V.I. Loganina // Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka. – 2021. – № 1 (264). – S. 23–26.

11 Efimova, N.V. Formirovanie sistemy potrebitel'skih kachestv zdaniya kak usloviya realizacii nacional'nogo proekta «dostupnoe i komfortnoe zhil'e» – grazhdanam Rossii [Tekst] / N.V. Efimova // Aktual'nye voprosy ekonomicheskikh nauk. – 2008. – № 1. – S. 124–128.

12 Nev'yanceva, A.S. Sovremennye standarty kachestva zhizni i ih otrazhenie v stroitel'stve zdaniy [Tekst] / A.S. Nev'yanceva // Dni studencheskoj nauki. Materialy nauchno-tekhnicheskoy konferencii po itogam nauchno-issledovatel'skih rabot studentov instituta ekonomiki, upravleniya i informacionnyh sistem v stroitel'stve i nedvizhimosti – M.: – 2019. – S.75–77.

13 Generalov, V.P. Obraz zhizni, arhitektura, i kachestvo gorodskoj sredy [Tekst] / V.P. Generalov, E.M. Generalova // Gradostroitel'stvo i arhitektura. – 2021. – Tom 11. № 1 (42). – S. 160–168.

14 Mamoru Haruna, Ryuichiro Tasaka, “A study on systems analysis of construction planning and scheduling method”, Proceedings of the Japan Society of Civil Engineers 3, 318–322 (1982).

15 Eskaliev, M.ZH. Metodicheskie osnovy primeneniya BIM-tekhnologij dlya razrabotki organizacionno-tekhnologicheskikh reshenij (razdelov proekta proizvodstva rabot, PPR) stroitel'stva [Tekst] / M.ZH. Eskaliev, Z.R. Muhametzyanov // Problemy stroitel'nogo kompleksa Rossii. Materialy XXVI Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii – Ufa.: - 2022. – S.66–68.

- 16 Muhambetzhana, Z.E. Analiz osobennostej razrabotki organizacionno-tehnicheskikh reshenij pri stroitel'stve promyshlennykh ob"ektov [Tekst] / Z.E. Muhambetzhana, Z.R. Muhametzyanov // *Ekonomika stroitel'stva*. – 2022. – № 2. – S. 90–98.
- 17 R. Ian Faulconbridge, Mike Ryan, *Applied Systems engineering* [Tekst] (Argos Press Pty Ltd, Yarralumla, Australia, 2021), pp.119–121.
- 18 Gusev, E.V Technique for Determination of Rational Boundaries in Combining Construction and Installation Processes Based on Quantitative Estimation of Technological Connections [Tekst] / E.V Gusev, Z.R Mukhametzyanov, R.V Razyapov // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE)*. – 2017. – Vol. 262. – №012140 – doi: 10.1088/1757-899X/262/1/012140.
- 19 Eric Rebentisch, *Integrating Program Management and Systems Engineering: Methods, Tools, and Organizational Systems for Improving Performance* [Tekst] / (Wiley, New York, USA, 2017), pp.25–29.
- 20 Ilya, N. Mironenko, “Systems theory and system engineering as modern applied tools of system analysis”, [Tekst] / *Economics and management: challenges, solutions* 6 (126), 134–142 (2022).
- 21 Muhametzyanov, Z.R. Formirovanie organizacionno-tehnologicheskikh reshenij pri stroitel'stve otraslevykh kompleksov [Tekst] / Z.R. Muhametzyanov, P.P. Olejnik // *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* – 2019. – № 11. – S. 35-41. DOI: 10.33622/0869-7019.2019.11.35-41.
- 22 Gerardus, B. *Building Lifecycle Management* [Tekst] / B. Gerardus // (5STARCook, London, Great Britain, 2020), pp.56–61.
- 23 Eskaliev, M.ZH. Issledovaniya sovremennogo sostoyaniya voprosa razrabotki organizacionno-tehnologicheskikh reshenij pri stroitel'stve ob"ektov [Tekst] / M.ZH. Eskaliev, Z.R. Muhametzyanov // *Ekonomika stroitel'stva*. – 2022. – № 2. – S. 52–60.
- 24 Leonas Ustinovičius, Romas Rasiulis, Lukasz Nazarko, Tatjana Vilutienė, Marius Reizgevičius, “Innovative Research Projects in the Field of Building Lifecycle Management”, [Tekst] / *Procedia Engineering* 122, 166–171 (2015).
- 25 Eskaliev, M.ZH. Muhametzyanov Z.R. Perspektivy ispol'zovaniya tekhnologiy informacionnogo modelirovaniya pri proektirovanii zhilykh maloetazhnykh ob"ektov [Tekst] / M.ZH. Eskaliev, Z.R. Muhametzyanov // *Aktual'nye problemy tekhnicheskikh, estestvennykh, gumanitarnykh nauk. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferencii* – Ufa.: - 2022. – S.243-248.
- 26 Peter Ylmén, Johanna Berlin, Kristina Mjörnell, Jesper Arfvidsson, “Managing Choice Uncertainties in Life-Cycle Assessment as a Decision-Support Tool for Building Design: [Tekst] / *A Case Study on Building Framework*”, *Sustainability* 12, 130–138 (2020).
- 27 Howard Eisner, *Systems Engineering. Building Successful Systems* (Morgan & Claypool Publishers, London, Great Britain, 2011), pp.94–98.
- 28 Hamidul Islam, Muhammed Bhuiyan, [Tekst] Quddus Tushar, Satheeskumar Navaratnam, Guomin Zhang, “Effect of Star Rating Improvement of Residential Buildings on Life Cycle Environmental Impacts and Costs”, *Buildings* 12, 1605–1612 (2022).
- 29 Danny Myers, *Construction Economics. A New Approach* [Tekst] (Routledge, New York, USA, 2022), pp.17–21.
- 30 Chris Abel, *Architecture, Technology and Process* [Tekst] (Architectural Press, London, Great Britain, 2004), pp.126–133.
- 31 Mukhametzyanov Z., Oleinik P., “Sustainability method organizational and technological decisions in the construction of industrial complexes”, in “E3S Web of Conferences. [Tekst] / Ser. "Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region UESF 2021" (Chelyabinsk, Russia, 2021).
- 32 Z. R. Mukhametzyanov and T. A. Mogucheva, “Conditions for achieving sustainability of organizational and process solutions in the facilities construction” [Tekst] / *AIP Conference Proceedings* 2559, 22–27 (2022).
- 33 Bogachev S.N. “Construction risks and opportunities for their minimization”, *Academia*. [Tekst] / S.N. Bogachev // *Architecture and construction* 1, 88–92 (2015).
- 34 Tabunshchikov YU.A. Rejtingovaya sistema ocenki kachestva zdaniya v Rossii [Tekst] / YU.A. Tabunshchikov, V.V. Granev, A.L. Naumov // *AVOK* – 2010. – № 6. – S. 16–21.

ТҮЙІН

Құрылыс өнімдерінің сапасы бұл практикалық қызмет саласының (материалдық өндіріс) табысы мен даму перспективасын анықтайтын негізгі факторлардың бірі болып табылады. Сапа көрсеткіштері құрылыс объектісінің белгіленген пайдалану параметрлеріне, тиімділігіне және сенімділігіне сәйкестік деңгейін көрсетеді. Құрылыс өнімдерінің сапа көрсеткіштеріне қол жеткізу үшін тиімді шешімдер әзірлеу және оларды іс жүзінде іске асыру архитектуралық-құрылыс және өндірістік салаларда өзекті міндет болып қала береді, бұл тиісті зерттеу әдістерін жетілдіруді талап етеді. Осы мақаланың мақсаты - өмірлік циклдің әртүрлі кезеңдерінде (мерзімдерінде) құрылыс өнімдерінің сапа көрсеткіштерін талдау рәсімін әдістемелік негіздеу және осы талдау негізінде құрылыс өнімдерінің сапасының интегралды көрсеткішін құру. Құрылыс өнімдерінің сапасы деп жасалған материалдық объектінің процестердің, қасиеттер мен күйлердің белгіленген функционалдық параметрлерін қамтамасыз ету қабілеті түсініледі. Зерттеудің негізгі нәтижесі құрылыс объектісінің сапасының интегралды көрсеткішін пайдалана отырып, ықтимал шешімдерді бағалау үшін ғылыми гипотеза әзірлеу болып табылады. Бұл көрсеткіш құрылыс объектісінің өмірлік циклінің әртүрлі кезеңдерінде (міндетті және мүмкін) сапаны қалыптастыру және қамтамасыз ету шешімдерін жүйелі талдау нәтижелері негізінде әзірленген. Ұсынылған тұжырымдама құрылыс объектілерінің әртүрлі функционалдық-технологиялық мақсатының сапа көрсеткіштеріне қол жеткізуге мүмкіндік беретін өндірістік процестерді басқару мүмкіндіктерін кеңейту әдісі ретінде қарастырылуы мүмкін.

DOI 10.52578/2305-9397-2024-2-2-368-376

УДК 69.051
МРНТИ 67.13.85

Мухаметзянов З.Р., доктор технических наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0002-6668-9846>
«Уфимский государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ), Российская Федерация, г. Уфа, 450064, ул. Космонавтов 1, zinur-1966@mail.ru

Мұхамбетжан З. Е., магистр технических наук, <https://orcid.org/0009-0006-8577-5818>
НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Казахстан, zerek-wkau@yandex.ru

Ескалиев М. Ж., магистр технических наук, <https://orcid.org/0009-0002-1402-7637>
НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Казахстан, eskaliev-1991@mail.ru

Mukhametzyanov Z. R., Doctor of Technical Sciences, Professor, <https://orcid.org/0000-0002-6668-9846>

«Ufa State Petroleum Technical University», Ufa, Kosmonavtov str. 1, Republic of Bashkortostan. zinur-1966@mail.ru

Mukhambetzhan Z. Y., Master of Technical Sciences, <https://orcid.org/0009-0006-8577-5818>
NPJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan», Uralsk, 51 Zhangir Khan str., 090009, Kazakhstan, zerek-wkau@yandex.ru

Eskaliev M. Zh., Master of Technical Sciences, <https://orcid.org/0009-0002-1402-7637>
NPJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan», Uralsk, 51 Zhangir Khan str., 090009, Kazakhstan, eskaliev-1991@mail.ru

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ СРЕДЫ
ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ И СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ
ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ
METHODOLOGICAL BASICS OF FORMATION AND ORGANIZATION OF AN
ENVIRONMENT FOR INFORMATION MODELING OF PROPERTIES AND CONDITION
OF INDUSTRIAL OBJECTS**