

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2019, №3, Том 11 / 2019, No 3, Vol 11 <https://esj.today/issue-3-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/07SAVN319.pdf>

DOI: 10.15862/07SAVN319 (<http://dx.doi.org/10.15862/07SAVN319>)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Чулков В.О., Бик-Мухамедов М.В. Использование гибких строительных технологий реновации по критерию экономической эффективности // Вестник Евразийской науки, 2019 №3, <https://esj.today/PDF/07SAVN319.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/07SAVN319

**For citation:**

Chulkov V.O., Bik-Mukhamedov M.V. (2019). Use of agile building technologies for renovation by the criterion of economic efficiency. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 3(11). Available at: <https://esj.today/PDF/07SAVN319.pdf> (in Russian) DOI: 10.15862/07SAVN319

УДК 72

**Чулков Виталий Олегович**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
Москва, Россия  
Профессор  
Доктор технических наук  
E-mail: [vitolch@gmail.com](mailto:vitolch@gmail.com)

**Бик-Мухамедов Михаил Владимирович**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
Москва, Россия  
Магистрант  
E-mail: [bmv94@mail.ru](mailto:bmv94@mail.ru)

## Использование гибких строительных технологий реновации по критерию экономической эффективности

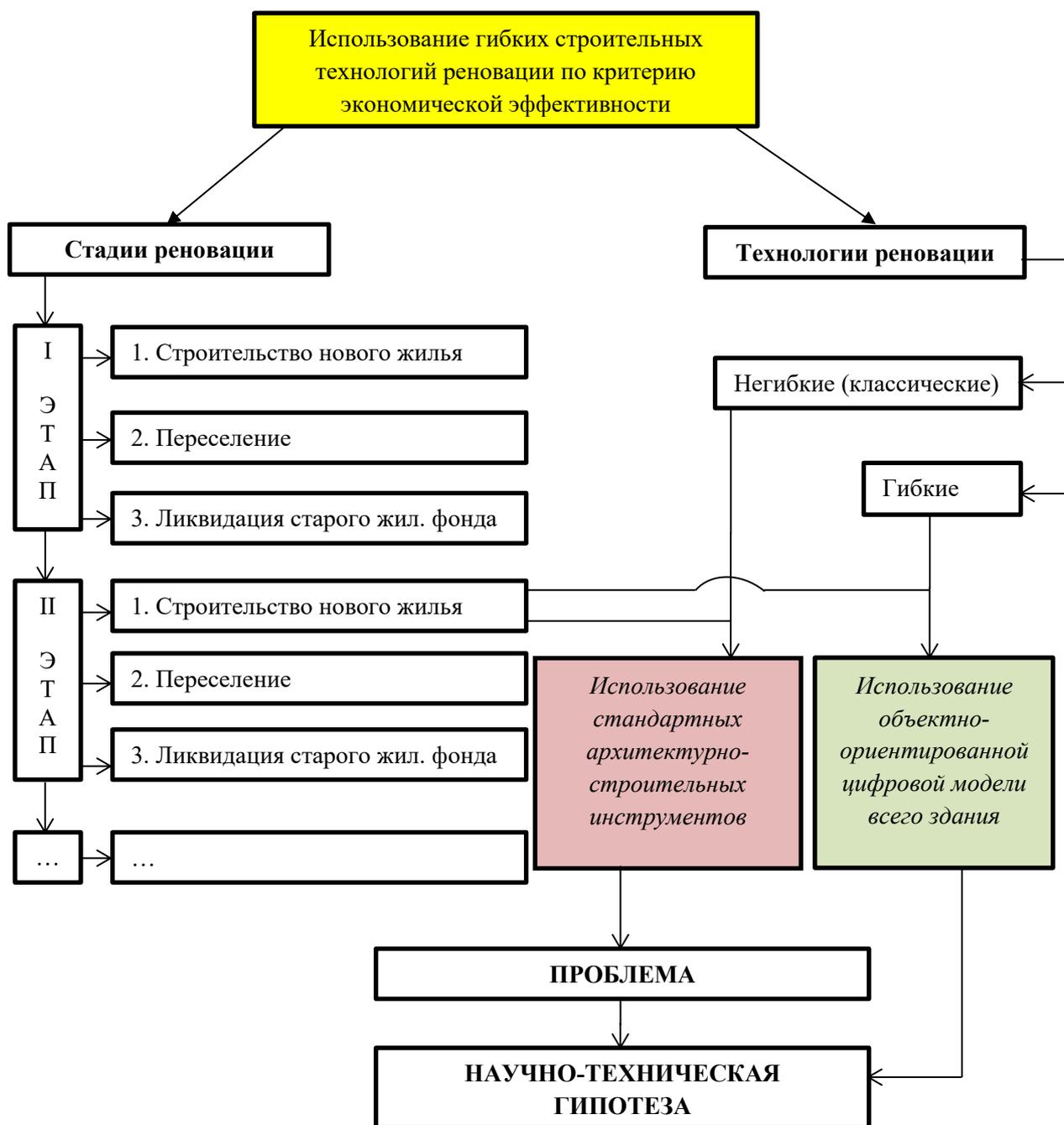
**Аннотация.** В статье рассматривается возможность использования гибких строительных технологий в условия реновации. В условиях влияния процесса реновации на строительную отрасль все большее значение имеет применение технологий, обладающих свойством гибкости, а именно способных адаптироваться к динамике внешних и внутренних воздействий, поддерживая на достаточном уровне эффективности показатели функционирования. Качество и комфортность проживания в сложившиеся в XX веке в районах совсем не соответствует современным требованиям и действующим нормативным документам. Износ домов (преимущественно пятиэтажных) составляет более 41 %. Теплофизические характеристики зданий в 3–4 раза меньше нормативных показателей. Массово строящиеся с конца 1950-х до середины 1970-х годов пятиэтажные кварталы бесплатного жилья были задуманы как временное решение проблемы переселения людей из бараков и коммунальных квартир, расселения работников вокруг промышленных предприятий (в основном ныне не действующих, территории которых подлежат реорганизации). Эти проблемы были решены, но кварталы сохранились. Капитальный ремонт не позволяет решить весь комплекс проблем пятиэтажного жилого фонда. В частности, потому что средств фонда капитального ремонта не хватает. Поэтому жилищную политику города Москвы характеризует реализация программы реновации. Для обоснования выбора критерия экономической эффективности используется метод экспертных оценок. Под методом экспертных оценок обычно понимают комплекс логических и математических процедур, направленных на получение от специалистов

информации, ее анализ и обобщение с целью подготовки и выбора рациональных решений. После проведения опроса группы экспертов осуществляется обработка результатов.

**Ключевые слова:** реновация; гибкость; гибкие строительные технологии; эффективность; экономическая эффективность

Реновация – программа, которая направлена на переселение жильцов из ветхого малоэтажного жилого фонда, построенного в 1957–1968 годах, с последующим сносом этих домов и новое строительство на освободившейся территории.

В отличие от негибких, гибкие строительные технологии обладают свойствами модульности, вариантности, информативности. Так как вышеназванные технологии обладают большим потенциалом экологической безопасности, позволяющим значительно снизить нагрузку от строительной деятельности на окружающую среду, их исследование является актуальным в настоящее время [1].



**Рисунок 1.** Блок-схема этапов реновации и технологий ее реализации (разработано автором)

Таким образом, к исследованию будут представлены две технологии, используемые при реализации программы реновации: классическая (подразумевается использование стандартных архитектурно-строительных инструментов для хранения информации об объекте строительства) и гибкая (подразумевается использование объектно-ориентированной цифровой модели BIM всего здания).

Для наглядности связи между этапами реновации и гибкими технологиями при их реализации (см. рис. 1).

Проблема исследования заключается в том, что использование классических принципов раздельного содержания информации об объекте нового строительства в ходе реновации приводит к коллизиям, которые могут возникнуть в результате архитектурно-конструктивных

изменений на стадии возведения или ошибок на стадии проектирования. Исправление данных недочетов ведет к увеличению итоговой стоимости строительства 1 м<sup>2</sup> готового жилья.

Внедрение гибких строительных технологий на стадии строительства нового жилья по программе реновации позволит повысить экономическую эффективность на 3–5 % за счет использования информационного моделирования всего здания как целостного объекта.

Под методом экспертных оценок обычно понимают комплекс логических и математических процедур, направленных на получение от специалистов информации, ее анализ и обобщение с целью подготовки и выбора рациональных решений. Сущность этого метода заключается в проведении квалифицированными специалистами интуитивно-логического анализа проблемы с качественной или количественной оценкой суждений и формальной обработкой результатов. Комплексное использование интуиции, логического мышления и соответствующего математического аппарата позволяет получить эффективное решение поставленной проблемы [2].

В связи с относительно малым числом критериев и предметов исследования, приняв ошибку среднего 20 % и значение вероятности  $1-\alpha = 0,95$ , получим минимальное количество экспертов для проведения опроса – 24 человека. Именно это число показывает, чему равно минимальное количество участников экспертного опроса для работы с репрезентативной выборкой. Общее число экспертов будет представлено четырьмя экспертными группами.

Произведем отбор **критериев оценивания** [3]:

- Стоимость внедрения технологии, тыс. руб.;
- Экономическая эффективность, тыс. руб.;
- Трудоемкость СМР, чел.-дн.;
- Продолжительность производства работ, см;
- Изменение коэффициента реновации, %.

Опрос экспертов будет произведен в два этапа. Участникам будет предоставлено две анкеты. Целью первой анкеты будет ранжирование значимости вышеприведенных пяти критериев для определения их веса, таким образом, результаты опроса будут учитываться в исследовании с различными коэффициентами. Во второй анкете будут указаны непосредственно технологии, и представителям экспертных групп будет необходимо проанжировать их в порядке увеличения эффективности по критериям сравнения.

**Таблица 1**

**Комментарии к балльной системе оценки веса критериев**

Балл	Комментарий
1	Наименее влиятельный критерий сравнения технологий
2	Незначительно влиятельный критерий
3	Влиятельный критерий
4	Значительно влиятельный критерий
5	Наиболее влиятельный критерий

*Составлено автором*

**Таблица 2**

**Комментарии к балльной системе оценки технологий**

Балл	Комментарий
1–2	Явно отрицательное влияние технологии на строительный процесс по данному критерию
3–4	Скорее отрицательное влияние технологии
5–6	Нейтральное влияние технологии
7–8	Скорее положительное влияние технологии
9–10	Явно положительное влияние технологии

*Составлено автором*

После проведения опроса имеем восемь заполненных опросных анкет (по числу групп экспертов, по одной анкете на каждый этап опроса). Сведем все полученные данные в единые таблицы.

**Таблица 3**

**Результаты ранжирования критериев по значимости**

№ экспертной группы	Стоимость внедрения	Экономическая эффективность	Трудоемкость СМР	Продолжительность строительства	Изменение коэффициента реновации
Группа 1	3	5	2	4	1
Группа 2	5	4	2	3	1
Группа 3	3	5	1	4	2
Группа 4	4	5	1	2	3

*Составлено автором*

**Таблица 4**

**Результаты опроса экспертов для классической технологии**

№ экспертной группы	Стоимость внедрения	Экономическая эффективность	Трудоемкость СМР	Продолжительность строительства	Изменение коэффициента реновации
Группа 1	6	3	5	5	5
Группа 2	7	3	5	4	3
Группа 3	8	2	6	6	4
Группа 4	5	4	4	4	3

*Составлено автором*

**Таблица 5**

**Результаты опроса экспертов для гибкой технологии**

№ экспертной группы	Стоимость внедрения	Экономическая эффективность	Трудоемкость СМР	Продолжительность строительства	Изменение коэффициента реновации
Группа 1	2	9	7	8	5
Группа 2	3	9	8	7	6
Группа 3	1	10	8	8	6
Группа 4	1	7	7	8	7

*Составлено автором*

Сведем в единую таблицу усредненные значения результатов опроса. После этого вычислим приведенные значения весов критериев и рассчитаем результаты опроса экспертных групп с учетом критериальной значимости.

**Таблица 6**

**Сводная таблица усредненных значений**

№	Критерий	ВЕС V	Классическая технология реновации	Гибкая технология реновации
1	Стоимость внедрения	3,75	6,50	1,75
2	Экономическая эффективность	4,75	3,00	8,75
3	Трудоемкость СМР	1,50	5,00	7,50
4	Продолжительность стр-ва	3,25	4,75	7,75
5	Изм. коэффициента реновации	1,75	3,75	6,00

*Составлено автором*

Приведенное значение веса критерия определяется по формуле:

$$V_{\text{прив},n} = \frac{V_n}{\sum_{n=1}^n V_n},$$

где:  $V_{\text{прив},n}$  – приведенное значение веса критерия;  $V$  – значение веса критерия;  $n$  – порядковый номер критерия.

**Таблица 7**

**Сводная таблица значений, умноженных на вес критериев**

№	Критерий	ВЕС $V_{\text{прив}}$	Классическая технология реновации	Гибкая технология реновации
1	Стоимость внедрения	0,75	4,88	1,31
2	Экономическая эффективность	0,95	2,85	8,31
3	Трудоемкость СМР	0,30	1,50	2,25
4	Продолжительность стр-ва	0,65	3,09	5,04
5	Изм. коэффициента реновации	0,35	1,31	2,10
ИТОГО			13,63	19,01

*Составлено автором*

После сбора необходимых данных следует проверить их корректность. Для этого воспользуемся статистическим критерием Колмогорова-Смирнова [4].

Критерий Колмогорова-Смирнова предназначен для проверки принадлежности анализируемой выборки данных некоторому закону распределения. При выполнении условия проверки по данному критерию будет подтверждена статистическая гипотеза о согласованности мнений групп экспертов, то есть, результаты опроса будут признаны репрезентативными и данные будут подвержены дальнейшей обработке.

Вычислим относительно накопленные частоты.

**Таблица 8**

**Расчет параметров для анализа данных по весу критериев**

№ п/п	n1	n2	n3	n4	f1	f2	f3	f4	D
1	3	5	3	4	0,200	0,333	0,200	0,267	0,133
2	8	9	8	9	0,533	0,600	0,533	0,600	0,067
3	10	11	9	10	0,667	0,733	0,600	0,667	0,133
4	14	14	13	12	0,933	0,933	0,867	0,800	0,133
5	15	15	15	15	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000

*Составлено автором*

Таблица 9

Расчет параметров для анализа данных по классической технологии реновации

№ п/п	n1	n2	n3	n4	f1	f2	f3	f4	D
1	6	7	8	5	0,250	0,318	0,308	0,250	0,068
2	9	10	10	9	0,375	0,455	0,385	0,450	0,080
3	14	15	16	13	0,583	0,682	0,615	0,650	0,098
4	19	19	22	17	0,792	0,864	0,846	0,850	0,072
5	24	22	26	20	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000

Составлено автором

Таблица 10

Расчет параметров для анализа данных по гибкой технологии реновации. Построение моделей научного исследования

№ п/п	n1	n2	n3	n4	f1	f2	f3	f4	D
1	2	3	1	1	0.065	0.091	0.030	0.033	0.061
2	11	12	11	8	0.355	0.364	0.333	0.267	0.097
3	18	20	19	15	0.581	0.606	0.576	0.500	0.106
4	26	27	27	23	0.839	0.818	0.818	0.767	0.072
5	31	33	33	30	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000

Составлено автором

После того, как данные, полученные в результате экспертного опроса, были проанализированы, и была установлена согласованность мнений экспертных групп, производится моделирование собранных данных.

Математические модели можно подразделить на несколько основных групп по типу их графического отображения: линейные, плоскостные и поверхностные [5].

Так как в данной работе моделируются результаты ранжирования  $\varepsilon$  экспертных групп по  $k$  критериям оценивания, автором было принято решение о внедрении поверхностной математической модели.

Математическая модель задания поверхности:

$$\begin{cases} Z_{\varepsilon k} = R_{\varepsilon k} \\ Y_{\varepsilon k} = \varepsilon \\ X_{\varepsilon k} = k \end{cases}$$

где:  $R_{\varepsilon k}$  – результат оценки  $\varepsilon$ -ной группы экспертов по  $k$ -му критерию;  $\varepsilon$  – порядковый номер группы экспертов;  $k$  – порядковый номер критерия.

Отобразим диаграмму (см рис. 2) соотношения весов критериев оценивания критериев эффективности строительных технологий в соответствии с данными таблицы 7.

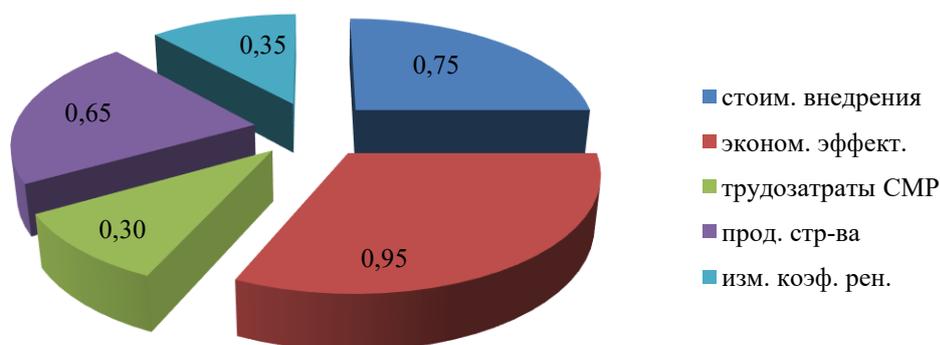
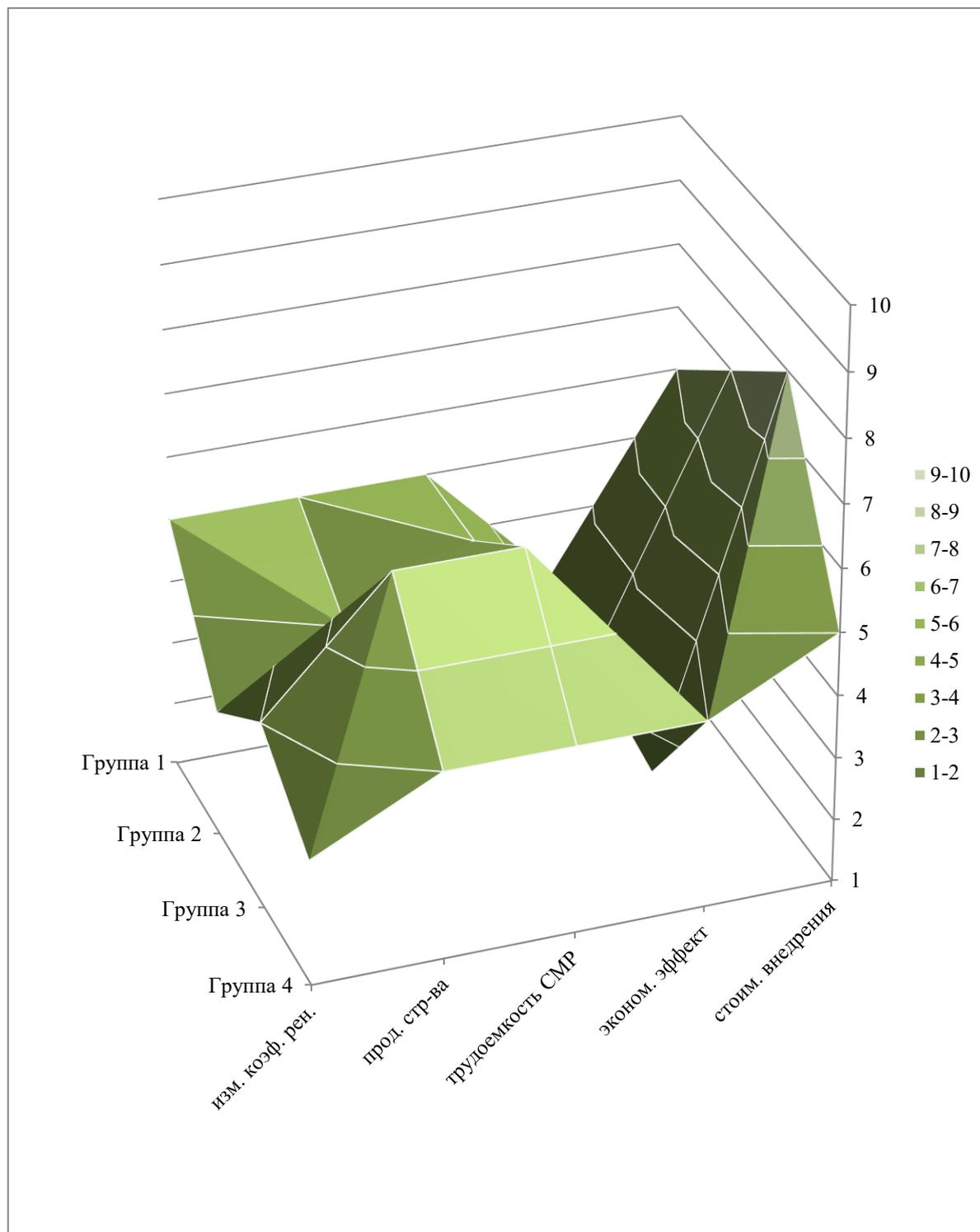


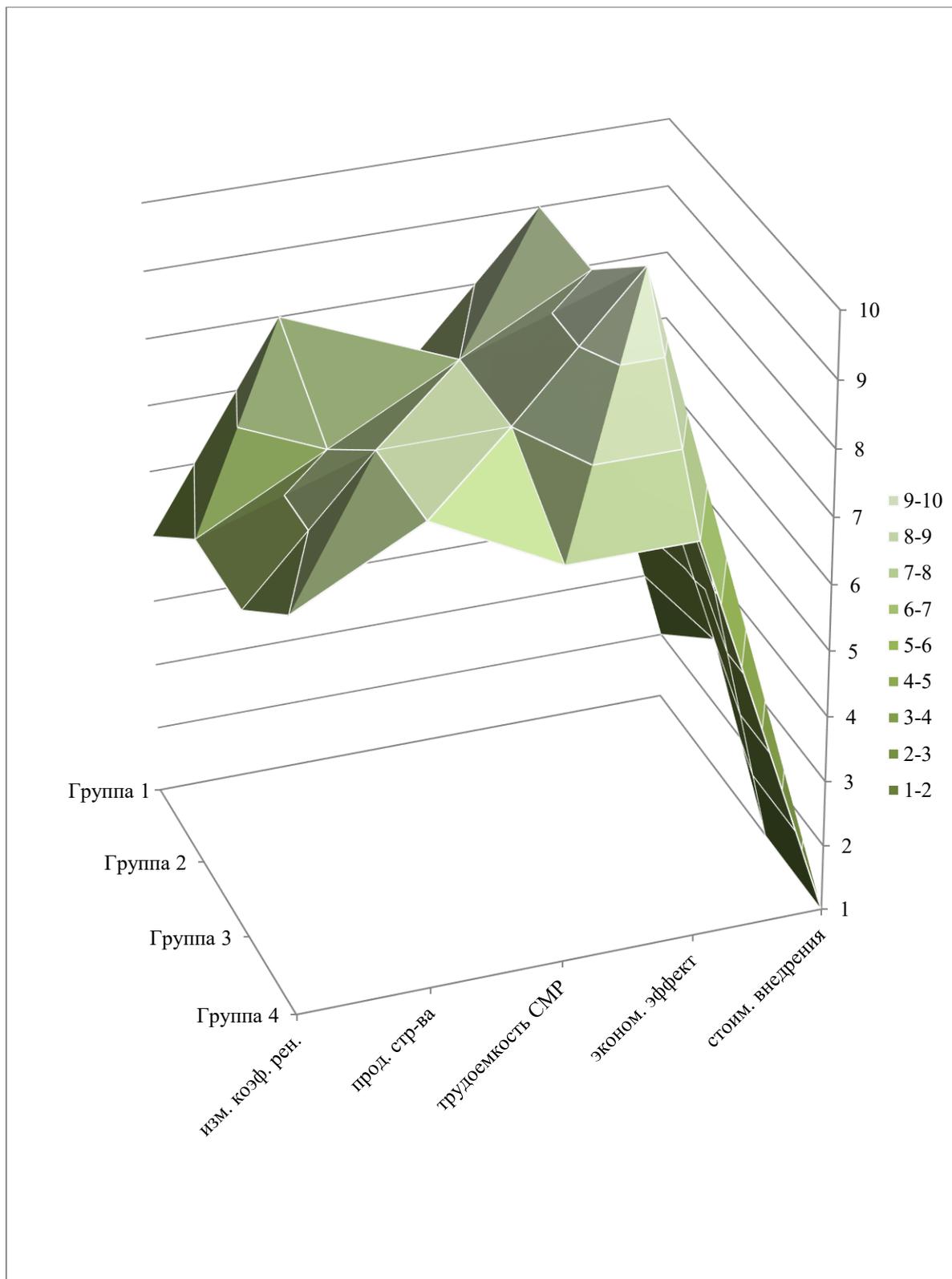
Рисунок 2. Диаграмма весов критериев эффективности строительных технологий (разработано автором)

По данным диаграммы можно сделать вывод о том, что наибольшее значение в данном исследовании будет иметь критерий экономической эффективности.

Представим поверхности, наглядно отображающие результаты экспертного опроса для классической и гибкой технологии реновации соответственно. После построения поверхностей происходит их сопоставление – моделью, демонстрирующей оптимальный вариант, признается та, эквивалентная бинарная плоскость которой имеет бóльшую координату по оси Z.



*Рисунок 3. Поверхность 1, демонстрирующая результаты оценки классической технологии (разработано автором)*



*Рисунок 4. Поверхность 2, демонстрирующая результаты оценки гибкой технологии (разработано автором)*

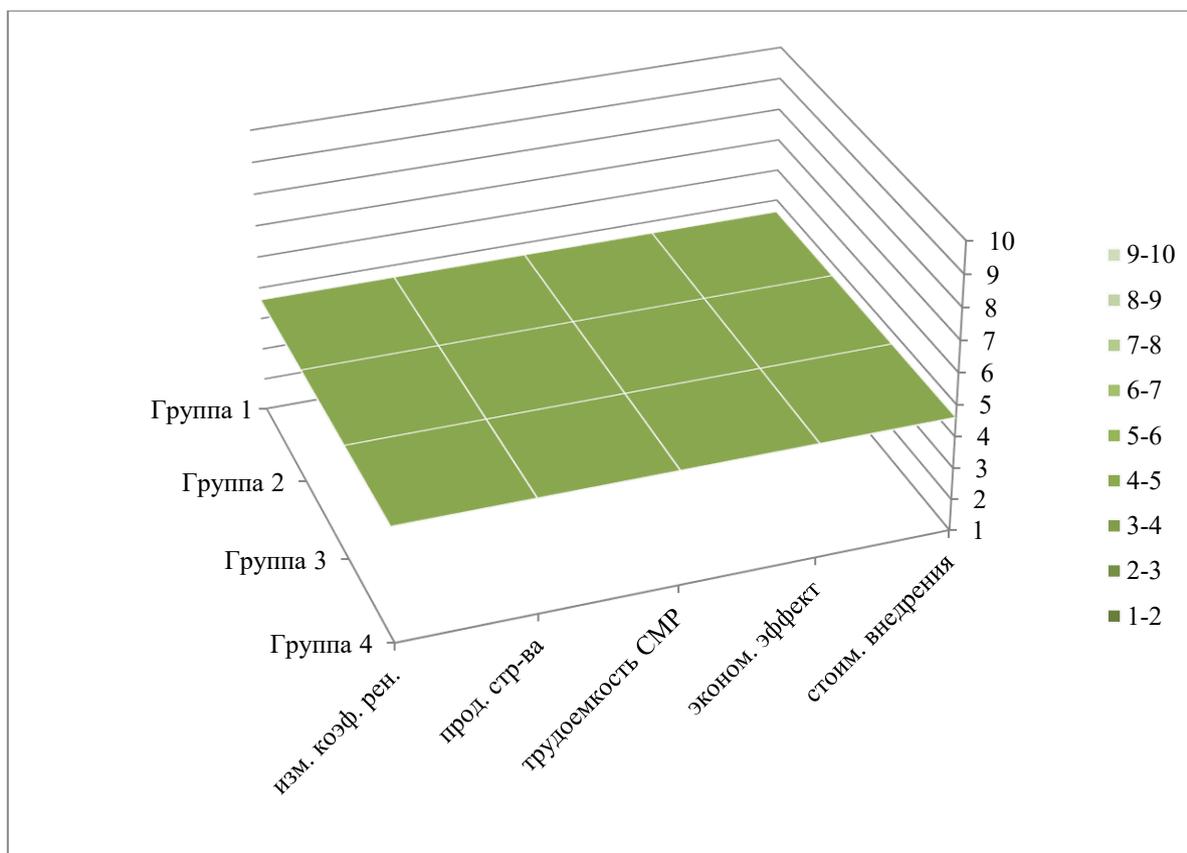


Рисунок 5. Бинарная плоскость, эквивалентная поверхности 1 (разработано автором)

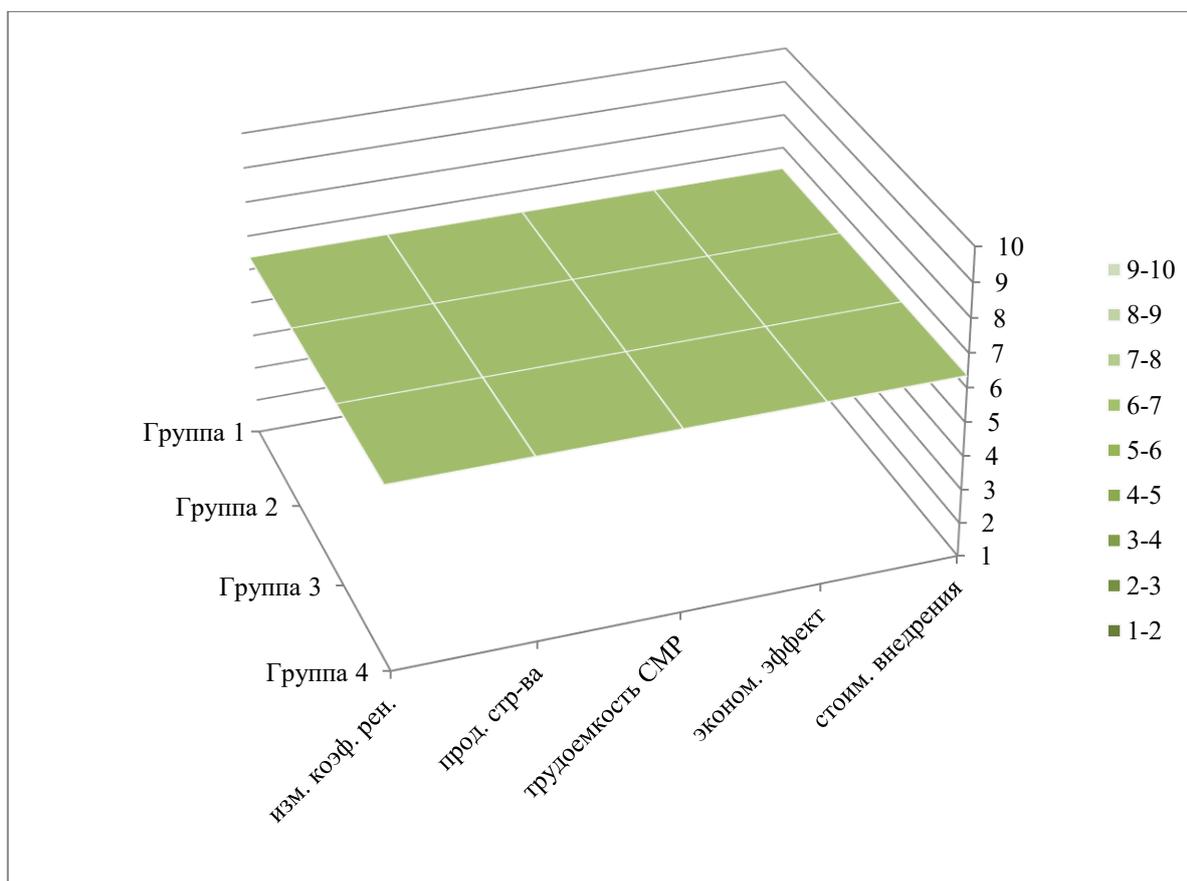


Рисунок 6. Бинарная плоскость, эквивалентная поверхности 2 (разработано автором)

После сравнения координат по оси  $Z$  эквивалентных бинарных плоскостей можно сделать вывод о том, что гибкая технология реновации, подразумевающая использование объектно-ориентированной цифровой модели BIM всего здания, является более перспективной в использовании, чем классическая. Данный результат подтверждается сравнением итоговых баллов экспертного опроса (таблица 7).

Было установлено, что наибольшее влияние в научном исследовании имеет критерий экономической эффективности. Таким образом, выдвинутая в параграфе научно-техническая гипотеза подтвердилась. Научное утверждение о том, что внедрение гибких строительных технологий на стадии строительства нового жилья по программе реновации позволит повысить экономическую эффективность за счет использования информационного моделирования всего здания как целостного объекта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Теличенко В.И. Научно-методологические основы проектирования гибких строительных технологий: автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.13.12 / Моск. гос. строит. ун-т. – Москва, 1994. – 31 с.
2. Орлов А.И. Экспертные оценки. Учебное пособие // М.: ИВСТЭ, 2002.
3. Зори А.А., Корнев В.Д. Критерии оценивания эффективности информационно-измерительных систем // Известия Южного федерального университета. Технические науки, 2008.
4. Лемешко Б.Ю. Об ошибках, совершаемых при использовании непараметрических критериев согласия // Измерительная техника, 2004.
5. Model Reduction and Coarse-Graining Approaches for Multiscale Phenomena (англ.). Springer, Complexity series, Berlin-Heidelberg-New York, 2006.
6. Ватага А.И., Бережной В.В. Математические методы анализа и синтеза сетей связи. Сборник задач. Часть 1. Ставрополь СВВИУС.
7. Бережной В.В., Ватага А.И. Математические методы анализа и синтеза сетей связи. Часть 2. Ставрополь ФРВИ РВ.
8. Бережной В.В. Математические методы анализа и синтеза сетей связи. Часть 3. Ставрополь ФРВИ РВ.
9. Ватага А.И., Бережной В.В. Малофей О.П. Математические методы анализа и синтеза сетей связи. Сборник задач. Часть 2. Ставрополь ФРВИ РВ, 2000.
10. Павличук Ю.Н., Срывкина Л.Г. Алгоритм решения задачи оперативного планирования в строительстве // Вестник БГТУ. – 2005. – №1(31): Экономика. – С. 16–20.
11. Хамзин С.К., Карасев А.К. Технология строительного производства: Учеб. пособие для строит, спец. вузов. – М.: ООО «БАСТЕТ», 2006. – 216 с.
12. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 392 с.: ил.

**Chulkov Vitaly Olegovich**

Moscow national research university of civil engineering, Moscow, Russia  
E-mail: vitolch@gmail.com

**Bik-Mukhamedov Mikhail Vladimirovich**

Moscow national research university of civil engineering, Moscow, Russia  
E-mail: bmv94@mail.ru

## **Use of agile building technologies for renovation by the criterion of economic efficiency**

**Abstract.** The article discusses the possibility of using flexible building technologies in terms of renovation. In terms of the impact of the renovation process on the construction industry, the application of technologies with the flexibility feature, namely able to adapt to the dynamics of external and internal impacts, maintaining performance indicators at a sufficient level of efficiency, is becoming increasingly important. The quality and comfort of living in the districts of the 20th century in the districts does not at all correspond to modern requirements and current regulatory documents. Depreciation of houses (mainly five-story) is more than 41 %. The thermophysical characteristics of buildings are 3–4 times less than standard indicators. Massively constructed from the end of the 1950s to the mid – 1970s, the five-story free housing districts were conceived as a temporary solution to the problem of resettlement of people from barracks and communal apartments, resettlement of workers around industrial enterprises (mostly currently inactive, whose territories are to be reorganized). These problems were solved, but the quarters remained. Overhaul does not allow to solve the whole complex of problems of a five-story housing stock. In particular, because the overhaul fund is not enough. Therefore, the housing policy of the city of Moscow is characterized by the implementation of the renovation program. To substantiate the choice of the criterion of economic efficiency, the method of expert assessments is used. The method of expert assessments is usually understood as a complex of logical and mathematical procedures aimed at obtaining information from specialists, analyzing and generalizing it in order to prepare and select rational decisions. After the survey of the expert group, the results are processed.

**Keywords:** renovation; flexibility; agile building technologies; efficiency; economic efficiency