

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

2019, №5, Том 11 / 2019, No 5, Vol 11 <https://esj.today/issue-5-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/62SAVN519.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Малкаров А.А., Кузин М.Ф. Выбор организационно-технологических решений производства фасадных работ при строительстве многоэтажных жилых домов // Вестник Евразийской науки, 2019 №5, <https://esj.today/PDF/62SAVN519.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**For citation:**

Malkarov A.A., Kuzhin M.F. (2019). The choice of organizational and technological solutions for the production of facade works in the construction of multi-storey residential buildings. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 5(11). Available at: <https://esj.today/PDF/62SAVN519.pdf> (in Russian)

УДК 69

ГРНТИ 67.13.41

**Малкаров Аслан Алимович**

НИУ «Московский государственный строительный университет», Москва, Россия

Магистрант

Кафедра «Технологий и организации строительного производства»

E-mail: [aslanmalkarov8@gmail.com](mailto:aslanmalkarov8@gmail.com)

**Кузин Марат Фаргатович**

НИУ «Московский государственный строительный университет», Москва, Россия

Доцент кафедры «Технологий и организации строительного производства»

Кандидат наук

E-mail: [kuzhinmf@mail.ru](mailto:kuzhinmf@mail.ru)

## **Выбор организационно-технологических решений производства фасадных работ при строительстве многоэтажных жилых домов**

**Аннотация.** С каждым годом растет востребованность многоэтажного строительства с применением соответствующих постоянно развивающихся методов, конструктивных и организационно-технологических решений. Вопрос выбора наиболее эффективной по всем технико-экономическим показателям фасадной системы, всегда является актуальным. Как произвести выбор, расчет и какими параметрами задаться на этапе проектирования учитывая, все разнообразие организационно-технологических решений фасадных систем, которое увеличивается с каждым днем? В статье излагается вариант ответа на поставленный вопрос, который заключается в создании модели аналитического выбора эффективности применения фасадных систем, с приведением составляющих параметров расчетного уравнения и значений коэффициентов перед параметрами. Проведенное исследование является частью диссертационной работы. Выбранные и представленные в работе параметры модели носят технологический, организационный, экономический и эксплуатационный характер. Используя метод экспертного оценивания, произведено исследование и определены коэффициенты перед параметрами. В качестве метода сбора данных был выбран метод анкетирования. Для подтверждения репрезентативности собранных данных автором был произведен анализ по критерию Пирсона. Далее в статье представлена расчет и итоговая таблица с определенными усредненными и приведенными значениями рангов, необходимых для дальнейшего исследования. Расчет при помощи статистического критерия Романовского позволил отбросить параметры, выделяющиеся из общей выборки и имеющие наименьший вес. В результате

представлена гистограмма параметров с наглядным указанием веса параметров и итоговая аналитическая модель по результатам исследования. Практическое применение данной модели позволит выявить процентное соотношение эффективности выбора конкретной фасадной системы в многоэтажном строительстве.

**Ключевые слова:** строительство; фасадная система; аналитическая модель; параметры; метод экспертной оценки; статистический критерий Романовского; организационно-технологическое решение; показатель

## Введение

Несмотря на растущую популярность малоэтажного многоквартирного жилищного строительства, в крупных городах Российской Федерации с каждым годом растет востребованность многоэтажного строительства с применением соответствующих постоянно развивающихся методов, конструктивных и организационно-технологических решений [1; 2].

Большинство проблем строительства многоэтажных зданий возникают на этапе начала строительства, что говорит о важности создания предпроектных инструментов выбора организационно-технологических решений, и в частности, подлежащих дальнейшему рассмотрению фасадных систем [3; 4].

При устройстве ограждающих конструкций возникают организационно-технологические задачи. Их решение влияет на различные показатели, такие, как качество и долговечность конструкций, на продолжительность производства работ. Организационно-технологические решения должны быть направлены на [5]:

- сокращение продолжительности выполнения работ;
- повышение выработки строительно-монтажных работ;
- повышение социально-экономических аспектов выполнения работ.

Так же при выборе фасадной системы немаловажным фактором является энергоэффективность конструкций. В последние годы активно изучают проблемы устройства такого типа фасадов, отвечающих данной характеристике. Например, исследования теплотехнических свойств ограждающих конструкций показывают, что в настоящее время самыми энергоэффективными являются конструкции наружных стен с применением навесных вентилируемых фасадов [6].

Таким образом, формируется вопрос, а какое же организационно-технологическое решение производства фасадных работ является наиболее эффективным по технико-экономическим показателям строительства и эксплуатации?

Так же важным является то, что технологии постоянно модернизируются, а их количество увеличивается с измененными показателями, в связи с чем, необходим способ оперативного определения наиболее эффективной системы в различный период времени [7].

Ответы на поставленные вопросы должны быть обоснованы с научной точки зрения и подтверждены практически.

*Цель исследования*, которой мы ограничиваемся в данной статье, является определение модели аналитического выбора эффективности применения фасадных систем, с приведением составляющих параметров расчетного уравнения и значений коэффициентов перед параметрами.

*Научно-техническая гипотеза* данного исследования заключается в предположении, что формирование модели выбора организационно-технологических решений производства фасадных работ при строительстве многоэтажных жилых зданий позволит улучшить показатели процесса строительства на 5–10 %.

### Основы рационального аналитического выбора фасадных систем

После рассмотрения основных современных вариантов исполнения фасадных систем многоэтажных жилых зданий необходимо определить параметры сравнения рациональности их применения в том или ином случае. Параметры будут представлены критериями сравнения, которые являются составными элементами модели аналитического выбора. У каждого критерия сравнения должен быть свой вес, обозначающий степень влияния параметра на итоговую эффективность и рациональность применения фасадной системы [8]. В данном случае, модель будет выглядеть следующим образом (1):

$$F = k_1 \times X_1 + k_2 \times X_2 + \dots + k_n \times X_n = \sum_{i=1}^n k_n \times X_n \quad (1)$$

где F – итоговое значение эффективности фасадной системы;

X – значение параметра сравнения;

k – коэффициент степени влияния параметра;

n – количество параметров сравнения.

Подводя итоги анализа научно-технических публикаций, нормативной документации и обзора современных способов производства фасадных работ, параметрами выбора организационно-технологических решений выступают:

- удельные трудозатраты;
- степень унификации элементов фасада;
- скорость возведения;
- доступность транспортировки элементов;
- материалоемкость;
- стоимость производства работ;
- ремонтпригодность;
- экологичность и энергоэффективность конструкции.

Параметры модели носят технологический, организационный, экономический и эксплуатационный характер [9].

Так как значения этих параметров в настоящее время легко определяются для любой инновационной фасадной системы, основной вопрос данной работы заключается в величине коэффициентов перед численным значением параметров.

### Основное исследование

Для проведения научно-технического исследования был выбран метод экспертного оценивания, а для сбора данных применен метод анкетирования [10; 11].

Для определения необходимого количества экспертов воспользуемся таблицей, позволяющей вычислить искомую величину в зависимости от вероятности и ошибки среднего. Данная таблица сформирована в процессе обобщения основ статистического анализа математических данных, опубликованных в научной статье Рупосова В.Л. «Методы определения количества экспертов» [12].

В связи с относительно малым числом предметов исследования, приняв ошибку среднего 10 % и значение вероятности 0,9, получим минимальное количество экспертов для проведения опроса – 68 человек. Общее число экспертов распределено на девять групп. Экспертам необходимо проранжировать в порядке возрастания значимости коэффициенты, влияющие на выбор решения производства фасадных работ.

Таким образом, в опросе участвовали специалисты, состоящие в Национальном реестре строителей [13]. Результатами сбора данных являются девять заполненных опросных анкет. Данные опроса были сгруппированы и представлены в сводной таблице 1.

**Таблица 1**

**Сводная таблица результатов экспертного опроса**

№	Параметр / Эксперт	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Э6	Э7	Э8	Э9
1	Удельные трудозатраты	4	9	4	8	9	4	6	7	7
2	Степень унификации элементов фасада	3	1	3	2	3	2	2	3	1
3	Скорость возведения	6	5	5	7	7	5	7	8	9
4	Доступность транспортировки элементов	5	4	1	3	4	6	1	4	3
5	Материалоемкость	2	3	7	1	2	3	5	2	4
6	Стоимость производства работ	9	8	6	9	8	7	9	9	6
7	Ремонтопригодность	1	2	2	4	1	1	3	1	2
8	Экологичность конструкции	8	6	9	6	5	8	8	6	5
9	Энергоэффективность конструкции	7	7	8	5	6	9	4	5	8

*Составлено автором*

Оценки представляют собой ранг из натуральных чисел от 1 до N по числу сравниваемых параметров без повторений. Чем выше ранг имеет параметр, тем большее значение он имеет в сравнении с другими параметрами в рамках аналитической модели.

Согласованность мнений экспертов была подтверждена статистическим анализом по критерию Пирсона [14]. Этот критерий предназначен для проверки принадлежности анализируемой выборки данных некоторому закону распределения. Собранные данные признаются репрезентативными и могут быть подвержены дальнейшей обработке [15].

Далее представим таблицу с усредненными и приведенными значениями рангов (таблица 2). Приведенное значение коэффициента или, другими словами, ранга параметра вычисляется по формуле (2):

$$R_{i,прив} = \frac{R_{i,ср}}{R_{max,ср}} \quad (2)$$

ГДЕ  $R_{i,прив}$  – приведенное значение ранга;

$R_{i,ср}$  – усредненное значение ранга;

$R_{max,ср}$  – максимальное из усредненных значений;

$i$  – порядковый номер параметра.

Таблица 2

Усредненные и приведенные значения рангов

№	Параметр	R <sub>i, ср</sub>	R <sub>i, прив</sub>
1	Удельные трудозатраты	6.44	0.82
2	Степень унификации элементов фасада	2.22	0.28
3	Скорость возведения	6.56	0.83
4	Доступность транспортировки элементов	3.44	0.44
5	Материалоемкость	3.22	0.41
6	Стоимость производства работ	7.89	1.00
7	Ремонтопригодность	1.89	0.24
8	Экологичность конструкции	6.78	0.86
9	Энергоэффективность конструкции	6.56	0.83

Составлено автором

Для определения «статистических выбросов», то есть результатов исследования, выделяющихся из общей выборки, будет использован статистический критерий Романовского [16]. В рамках данного исследования этот критерий будет использован для определения параметров, оказывающих незначительное влияние на модель выбора, которыми можно пренебречь.

В первую очередь, проверке подлежит параметр «Ремонтопригодность», имеющий коэффициент 1,89.

Необходимо вычислить среднее значение рангов таблицы 2 без учета исследуемого варианта (3):

$$\bar{x} = 5,39 \quad (3)$$

Затем вычисляется среднеквадратическое отклонение без учета отбрасываемого параметра (4):

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{17,09}{9}} = 0,46 \quad (4)$$

где  $S_x$  – среднеквадратическое отклонение;

$\bar{x}$  – среднее значение рангов без исследуемого варианта;

n – количество сравниваемых параметров.

Далее следует расчет значения критерия Романовского (5):

$$\beta = \frac{|\bar{x} - x_i|}{S_x} = \frac{|5,39 - 1,89|}{0,46} = 2,54 \quad (5)$$

где  $\beta$  – расчетное значение критерия;

$S_x$  – среднеквадратическое отклонение;

$\bar{x}$  – среднее значение рангов без исследуемого варианта;

$x_i$  – значение ранга рассматриваемого параметра.

Таблица 3

Значения критерия Романовского

q	n = 4	n = 6	n = 8	n = 10	n = 12	n = 15	n = 20
0.01	1.73	2.16	2.43	2.62	22.75	2.90	3.08
0.02	1.72	2.13	2.37	2.54	2.66	2.80	2.96
0.05	1.71	2.10	2.27	2.41	2.52	2.64	2.78
0.10	1.69	2.00	2.17	2.29	2.39	2.49	2.62

Вычисленное значение критерия следует сравнить с табличным (таблица 3) [16]. При значении вероятности  $q = 1 - 0,90 = 0,10$  и числу степеней свободы  $n = 9 - 1 = 8$ , табличное значение равно  $\beta_{\text{табл}} = 2,17$ .

$$\beta > \beta_{\text{табл}} \quad (6)$$

$$2,54 > 2,17 \quad (7)$$

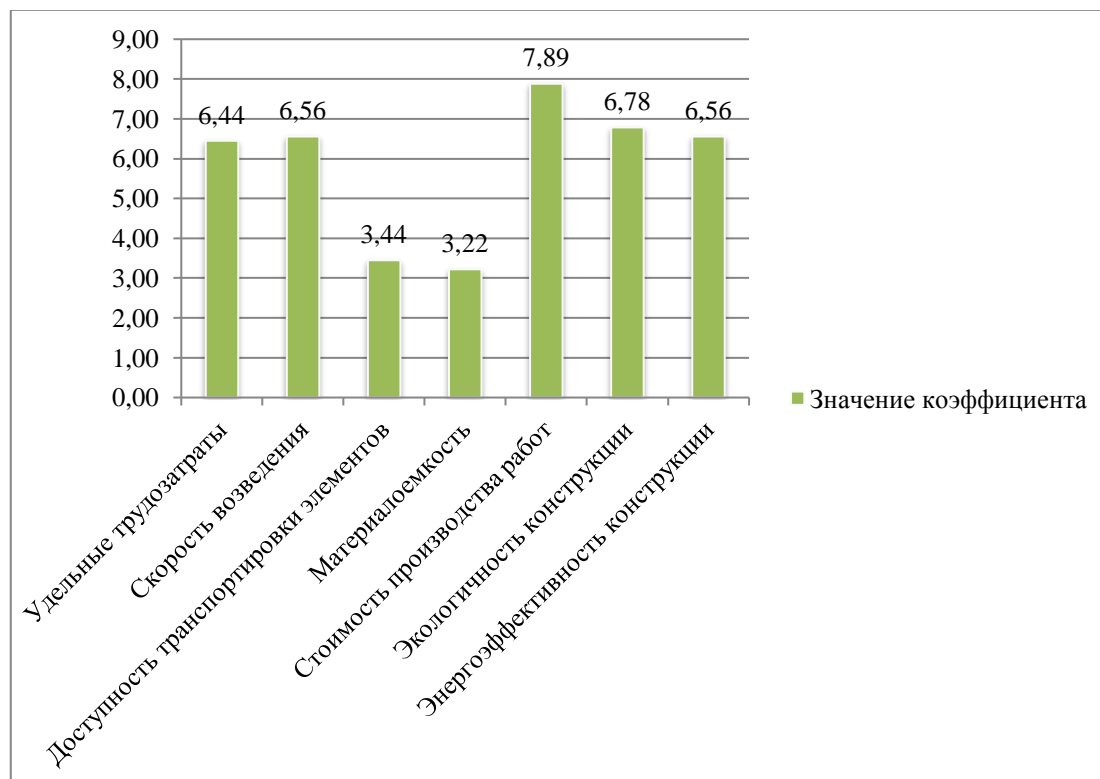
Так как расчетное значение больше табличного, критерий «Ремонтопригодность» необходимо исключить из аналитической модели.

Аналогичные расчеты были произведены для параметра «Степень унификации элементов фасада», который так же был исключен из модели и для параметра «Материалоемкость», у которого расчетное значение оказалось меньше табличного что означает, что данный и все последующие критерии включаются в модель.

### Составление аналитической модели

Аналитическая модель разрабатывается, учитывая коэффициенты, вычисленные при помощи экспертной оценки, и отбрасывая из рассмотрения параметры, не прошедшие проверку по статистическим критериям.

На рисунке 1 представлена гистограмма, на которой наглядно показан вес параметров модели [17].



**Рисунок 1.** Вес параметров аналитической модели (составлено автором)

Итоговая аналитическая модель по результатам исследования выглядит следующим образом (8):

$$F = X_1 + 0,86 X_2 + 0,83 X_3 + 0,83 X_4 + 0,82 X_5 + 0,44 X_6 + 0,41 X_7 \quad (8)$$

где F – итоговое значение эффективности фасадной системы;

- X<sub>1</sub> – значение параметра «Стоимость производства работ»;
- X<sub>2</sub> – значение параметра «Экологичность конструкции»;
- X<sub>3</sub> – значение параметра «Скорость возведения»;
- X<sub>4</sub> – значение параметра «Энергоэффективность конструкции»;
- X<sub>5</sub> – значение параметра «Удельные трудозатраты»;
- X<sub>6</sub> – значение параметра «Доступность транспортировки элементов»;
- X<sub>7</sub> – значение параметра «Материалоемкость».

### Выводы

В ходе проведения исследования при помощи метода экспертного оценивания, математического анализа по статистическим критериям Пирсона и Романовского, была получена аналитическая модель выбора организационно-технологических решений производства фасадных работ, выявлены параметры модели и рассчитаны коэффициенты, определяющие их вес.

Для практического подтверждения результатов исследования, выявления наиболее эффективного по всем технико-экономическим показателям организационно-технологического решения производства ограждающих конструкций в виде фасадных систем, получения процентного соотношения, необходимо дальнейшее исследование на примере проектирования и строительства многоэтажного жилого дома.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Добрынина В.И., Ляховец А.С. Современное жилищное строительство и его особенности в Москве и Подмосковье // Регионология. 2011. С. 284–291.
2. Ратомская В.С., Лapidус А.А., Зенов В.С., Романенков А.Н. Использование комплексных бригад с целью оптимизации сроков строительства и ввода в эксплуатацию многоэтажных жилых домов // Московский экономический журнал. 2019. №7. С. 503–508.
3. Страхова А.С., Унежева В.А. Инновационные технологии в строительстве как ресурс экономического развития и фактор модернизации экономики строительства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №6. С. 263–272.
4. Бабий И.Н., Каминская-Пинаева А.И. Влияние организационно-технологических решений на технико-экономические показатели проекта утепления фасадов // Вестник Приднестровской государственной академии строительства и архитектуры. 2016. № 9. С. 42–48.
5. Кужин М.Ф. Организационно-технологические задачи, решаемые при производстве фасадных работ // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). 2015. №5. С. 108–110.



6. Лapidус А.А., Жунин А.А. Моделирование и оптимизация организационно-технологических решений при возведении энергоэффективных ограждающих конструкций в гражданском строительстве // Вестник МГСУ. 2016. №5. С. 59–71.
7. Baird A., Palermo A., Pampanin S., Riccio P., Tasligedik A.S. Focusing on reducing the earthquake damage to facade systems // Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering. 2011. №44. Pp. 108–120.
8. Mayart F., Bruel J., Hamid B. How to analyze modeling approach comparison criteria // Comparing Modeling Approaches Workshop. Miami, United States. 2015. 1076. Pp. 1–3.
9. Блиндер А.Е. Техничко-экономические показатели в строительстве: выявление проблемы и предложения по решению // Normacs. Система нормативов. 2018. табл. 1.
10. Velychko O., Gordiyenko T. The estimation of the measurement results with using statistical methods // Journal of Physics: Conference Series. 2015. №588. P. 012–017.
11. Velychko O.M., Gordiyenko T.B., Kolomiets L.V. Methodologies of expert's competence evaluation and group expert evaluation // Metallurgical and Mining Industry. 2015. №2. Pp. 262–271.
12. Рупосов В.Л. Методы определения количества экспертов // Вестник ИрГТУ. №3. 2015. С. 286–290.
13. Полный Национальный Реестр Специалистов (НОСТРОЙ) в строительстве: включенные и исключенные специалисты, 2019 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.reestr-sro.ru/nrs/stroitelstvo/> (дата обращения: 19.07.2019).
14. Лемешко Б.Ю. Критерии проверки гипотез об однородности. Руководство по применению // Новосибирский Государственный Технический Университет. 2018. С. 133–136.
15. Унгурияну Т.Н., Гржибовский А.М. Корреляционный анализ с использованием пакета статистических программ STATA // Экология человека. 2014. С. 61–62.
16. Хахина О.В. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебное пособие для студентов всех форм обучения // Рубцовский индустриальный институт, Рубцовск. 2013.
17. Чулков В.О. Инфографическое моделирование структуры виртуального пространства воспитательно-образовательного процесса индивида. Часть I // Вестник Евразийской науки. 2018. №5. С. 1–7.



**Malkarov Aslan Alimovich**

Moscow state university of civil engineering (national research university), Moscow, Russia  
E-mail: aslanmalkarov8@gmail.com

**Kuzhin Marat Fargatovich**

Moscow state university of civil engineering (national research university), Moscow, Russia  
E-mail: kuzhinmf@mail.ru

## **The choice of organizational and technological solutions for the production of facade works in the construction of multi-storey residential buildings**

**Abstract.** The demand for multi-story construction is growing every year with the use of appropriate constantly evolving methods, structural and organizational-technological solutions. The issue of choosing the most effective facade system for all the technical and economic indicators is always relevant. How to make a choice, calculation and what parameters to set at the design stage, given the whole variety of organizational and technological solutions of facade systems, which is increasing every day? The article sets out a variant of the answer to the question posed, which consists in creating a model for the analytical choice of the effectiveness of facade systems, with a listing of the constituent parameters of the calculation equation and the values of the coefficients before the parameters. The study is part of the dissertation. The model parameters selected and presented in the work are of a technological, organizational, economic, and operational nature. Using the method of expert evaluation, a study was carried out and the coefficients in front of the parameters were determined. The survey method was chosen as the data collection method. To confirm the representativeness of the collected data, the author performed an analysis according to the Pearson criterion. Further, the article presents the calculation and the final table with certain averaged and given values of the ranks necessary for further research. The calculation using the Romanovsky statistical criterion made it possible to discard the parameters that stand out from the total sample and have the smallest weight. As a result, a histogram of parameters with a visual indication of the weight of the parameters and the final analytical model according to the results of the study are presented. The practical application of this model will reveal the percentage ratio of the effectiveness of the choice of a particular facade system in multi-story construction.

**Keywords:** construction; facade system; analytical model; parameters; expert assessment method; statistical test of Romanovsky; organizational and technological solution; indicator