

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗДАНИЙ. ПРОБЛЕМЫ ЖКК. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ. БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ЭКОЛОГИЯ

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 69.05

DOI: 10.22227/2305-5502.2025.3.8

Опрос жителей многоквартирных жилых домов о качестве капитального ремонта

Анна Владимировна Корнилова^{1,2}, Валентин Алексеевич Ермаков¹,
Алексей Васильевич Баулин¹

¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный
университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Россия;

² Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН); г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В настоящий момент более 3,5 млн москвичей живут в многоквартирных жилых домах (МКД) с капитальным ремонтом. В 2015 г. стартовала московская программа капитального ремонта. Программа рассчитана до 2044 г. В нее включены 29 тыс. домов. Качество капитального ремонта, условия проживания граждан в условиях ремонта находятся под пристальным вниманием граждан и средств массовой информации. Однако, несмотря на прозрачность процесса организации капитального ремонта и внимание общественных организаций к его проведению, количество жалоб жителей на сайте мэра Москвы не уменьшается. Этот факт и вызвал необходимость проведения опроса.

Материалы и методы. Выполнен опрос методом Дельфи, отличительная черта которого — итеративный процесс: респонденты отвечают на вопросы в несколько раундов, при этом каждый последующий раунд строится на результатах предыдущего. В опросе участвовало 160 жителей Москвы и ближайшего Подмосковья в возрасте от 18 до 75 лет, из них 47 женщин, 113 мужчин.

Результаты. Оба этапа опроса показали, что вопрос удобства жителей при выполнении капитального ремонта МКД для жителей не приоритетный. Жители всех возрастов и гендеров готовы потерпеть неудобства в процессе ремонта. Приоритетным является вопрос применения качественных, нетоксичных материалов и качество отделки. Для женщин всех возрастов оказался важным вопрос стоимости проведенного ремонта.

Выводы. Осуществленный опрос позволил рассчитать весовые коэффициенты факторов, что привело к созданию методики экспресс-оценки капитального ремонта в МКД на основе статистического подхода. Изучение общественного мнения на следующем уровне даст возможность выявить актуальные вопросы при проведении капитального ремонта (обоснование и составление планов работ, выбор эффективных и приемлемых технологических решений и др.), а также дополнить существующие нормативные документы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: капитальный ремонт, опрос, респондент, функция желательности Харрингтона, метод Дельфи, уровень значимости, доверительная вероятность

Благодарности. Авторы благодарят всех жителей МКД, принявших участие в опросе, и рецензентов статьи за внимательный и доброжелательный подход к данному исследованию.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Корнилова А.В., Ермаков В.А., Баулин А.В. Опрос жителей многоквартирных жилых домов о качестве капитального ремонта // Строительство: наука и образование. 2025. Т. 15. Вып. 3. Ст. 8. URL: <http://nsajournal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2025.3.8

Автор, ответственный за переписку: Валентин Алексеевич Ермаков, Ermakov@mgsu.ru.

Survey of residents of multi-apartment residential buildings on the quality of major repairs

Anna V. Kornilova^{1,2}, Valentin A. Ermakov¹, Aleksei V. Baulin¹

¹ Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);
Moscow, Russian Federation;

² Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN);
Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Currently, more than 3.5 million Muscovites live in apartment buildings (AB) with major repairs. In 2015, the Moscow capital repair program was launched. The program is designed until 2044. It includes: 29 thousand houses. The quality of major repairs is under the close attention of citizens and the media. However, despite the transparency of the process of organizing capital repairs the number of complaints from residents on the website of the mayor of Moscow does not decrease. This fact caused the need for a survey.

Materials and methods. The authors conducted a survey using the Delphi method. 160 residents of Moscow and the nearest Moscow region participated in the survey.

Results. Both stages of the survey showed that the residents are ready to suffer inconveniences during the renovation process. And the priority is the use of high-quality, non-toxic materials and the quality of the finish.

Conclusions. The survey made it possible to calculate the weighting factors of the factors, which led to the creation of a methodology for rapid assessment of capital repairs in the AB based on a statistical approach. The study of public opinion at the next level will allow to identify topical issues during major repairs (justification and preparation of work plans, selection of effective and acceptable technological solutions, etc.), as well as to supplement existing regulatory documents.

KEYWORDS: major repairs, survey, respondent, Harrington desirability function, Delphi method, significance level, confidence probability

Acknowledgments. The authors thank all the residents of the apartment building who took part in the survey and the reviewers of the article for their attentive and friendly approach to this study.

FOR CITATION: Kornilova A.V., Ermakov V.A., Baulin A.V. Survey of residents of multi-apartment residential buildings on the quality of major repairs. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2025; 15(3):8. URL: <http://Inso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2025.3.8

Corresponding author: Valentin A. Ermakov, Ermakov@mgsu.ru.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящий момент более 3,5 млн москвичей живут в домах с капитальным ремонтом¹. В 2015 г. стартовала московская программа капитального ремонта — один из самых масштабных проектов модернизации жилья в России и в мире. Программа рассчитана до 2044 г. В нее включены: 29 тыс. домов (общая площадь 290 млн м²); более 420 тыс. инженерных систем и конструктивных элементов зданий; замена 115 тыс. лифтов. Основные задачи, которые решают при проведении капитальных ремонтов жилых домов, — решение проблемы неполного ремонта домов, выполненного в прежние годы; улучшение внешнего вида домов; повышение комфорта; сохранение историко-культурного портрета города и безопасности московских многоэтажек¹. На указанном сайте¹ подробно описан алгоритм осуществления капитального ремонта многоквартирных жилых домов (МКД) от размещения предложения о проведении капитального ремонта до приемки работ (подписание акта). Качество капремонта, условия проживания граждан в условиях ремонта находятся под пристальным вниманием граждан и средств массовой информации. В 2015 г. введен ГОСТ Р 56193–2014². Сразу после запуска программы Центра ОНФ «Народная экспертиза» выпущено практическое пособие, посвященное вопросам организации капитального

ремонта общего имущества³. Несмотря на прозрачность процесса организации капитального ремонта и внимание общественных организаций к его проведению, количество жалоб жителей на сайте мэра Москвы не уменьшается⁴. Следовательно, изучение общественного мнения по этому вопросу и принятие решений по устранению возникающих проблем в настоящий момент является актуальной задачей.

Один из эффективных способов оценки качества выполнения ремонтов — опрос общественного мнения. Исследования, осуществленные ранее, рассматривают вопросы общего характера (информированность, участие в собраниях по вопросам капитального ремонта, сбор средств) [1]. Отмечается, что собственники жилья порой практически не могут (или не хотят) повлиять на ход ремонта [2, 3] или их жалобы игнорируются исполнителями [4]. При этом федеральный закон регламентирует процедуру возмещения вреда, причиненного жизни или здоровью физических лиц при выполнении капитального ремонта⁵.

Обзор зарубежных источников по вопросу капитального ремонта многоквартирных домов в качестве

¹ Капитальный ремонт жилых домов. URL: <https://www.mos.ru/city/projects/kapremont/#>

² ГОСТ Р 56193–2014. Услуги жилищно-коммунального хозяйства и управления многоквартирными домами. Услуги капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов. Общие требования.

³ Контроль за процессом капитального ремонта общего имущества: права и возможности граждан-собственников : практическое пособие. URL: <https://fondkr10.ru/assets/dokumenty/Informaciya-sobstvennikam/Publikacii-broshyury-pamyatki/Prakticheskoe-posobie-Kontrol-za-processom-kapitalnogo-remonta-obshego-imushchestva.pdf>

⁴ Личный блог Сергея Собянина. URL: <https://www.sobyenin.ru/program/ticket/512>

⁵ Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ, ст. 60.

основного направления исследований выявил тему энергоэффективности проводимых мероприятий [5–7]. Встречаются труды, посвященные многокритериальной оценке подрядчиков [8], а также разработке моделей оценки времени ремонта здания на основе машинного обучения [9].

Авторам данного исследования представляется, что в современных российских условиях наиболее объективную оценку качества капитального ремонта и разработку путей его улучшения может дать только опрос общественного мнения с репрезентативной выборкой респондентов. В работе поставлена цель взглянуть на проблему выполнения капитального ремонта МКД с точки зрения конечного потребителя — жителей МКД в период капитального ремонта без отселения и после ремонта. Проведенный опрос выявил, что приоритетным фактором для жителей МКД всех возрастов и гендеров при оценке капитального ремонта является применение качественных, нетоксичных материалов и качество отделки. Для женщин всех возрастов оказался актуальным вопрос стоимости ремонта. Его важность для этой группы респондентов оказалась практически на уровне значения качества материалов. С целью практического применения полученных результатов были рассчитаны по общей выборке респондентов весовые коэффициенты каждого исследуемого фактора, что дало возможность создать методику экспресс-оценки качества проводимых капитальных ремонтов с точки зрения конечного потребителя — жителей МКД на основе вербально-числовых шкал Харрингтона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Авторами осуществлен опрос методом Дельфи — это метод прогнозирования и принятия решений, основанный на анонимном сборе мнений группы экспертов (респондентов). Отличительная черта метода Дельфи — итеративный процесс: эксперты (респонденты) отвечают на вопросы в несколько раундов, при этом каждый последующий раунд строится на результатах предыдущего. Метод Дельфи в строительстве применяется, например, для оценки критических факторов, влияющих на человеческие ошибки, связанные с проектными решениями [10]; оценки системы энергопотребления [11]; выявления основных причин несчастных случаев на строительных площадках [12]; оценки рисков несчастных случаев на строительных площадках, вызванных усталостью рабочих [13]; исследования перспектив строительства деревянных многоэтажных домов [14]; изучения проблем обеспечения безопасности на малых и средних строительных предприятиях [15].

Обоснование выбора количества респондентов

В опросе участвовало 160 жителей Москвы и ближайшего Подмосковья в возрасте от 18 до 75 лет, из них 47 женщин, 113 мужчин. Для решения вопроса о достаточности для поставленной задачи количества

респондентов был привлечен аппарат математической статистики. В литературе [16] приводится правило расчета минимального количества респондентов (экспертов) $m_{\min}$ в зависимости от допустимой величины ошибки, согласно которому справедливо выражение:

$$m_{\min} = 0,5 \cdot \left(\frac{3}{\alpha} + 5 \right), \quad (1)$$

где α — ошибка результата проводимого анализа, принимающая значения от 0 до 1 (уровень значимости). В соответствии с данными публикации [16] выражение (1) наиболее применимо при проведении опроса методом Дельфи. Для уровня значимости $\alpha = 0,05$ (доверительной вероятности 0,95) по формуле (1) минимальное количество респондентов 33; для уровня значимости 0,01 (доверительной вероятности 0,99) минимальное количество респондентов 152.

Очевидно, что количество экспертов, участвовавших в проведенном опросе, достаточно ($m > m_{\min}$) на самом высоком уровне доверительной вероятности.

Выбор оцениваемых факторов

С целью первичного опроса выбраны следующие факторы, которые требовалось ранжировать респондентами:

- соблюдение сроков выполнения ремонтных работ;
- стоимость выполненных работ;
- качество отделочных работ;
- удобная для жителей организация мест временного складирования материалов;
- использование экологически чистых, нетоксичных материалов;
- качество замены лифтового оборудования.

Факторы выбраны из соображений затрат времени и средств, а также обеспечения безопасности при выполнении капитального ремонта.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Первичная обработка результатов опроса

При заполнении опросной таблицы использовали следующие правила: наиболее значимому фактору присваивался ранг 1, наименее значимому — 6. Если респондент не учитывал один фактор, то в качестве оценки принималась максимальная величина ранга, если респондентом не учтены несколько характеристик, то им присваивались одинаковые ранги, равные среднему арифметическому оставшихся неиспользованных оценок. Для оценки согласованности мнений респондентов использовался альтернативный коэффициент согласованности [17, 18], представляющий собой модификацию коэффициента конкордации Кендалла как множественного варианта ранговой корреляции:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - 3m(2m(n+1) - 1) \cdot \partial(n, m)}; \quad (2)$$

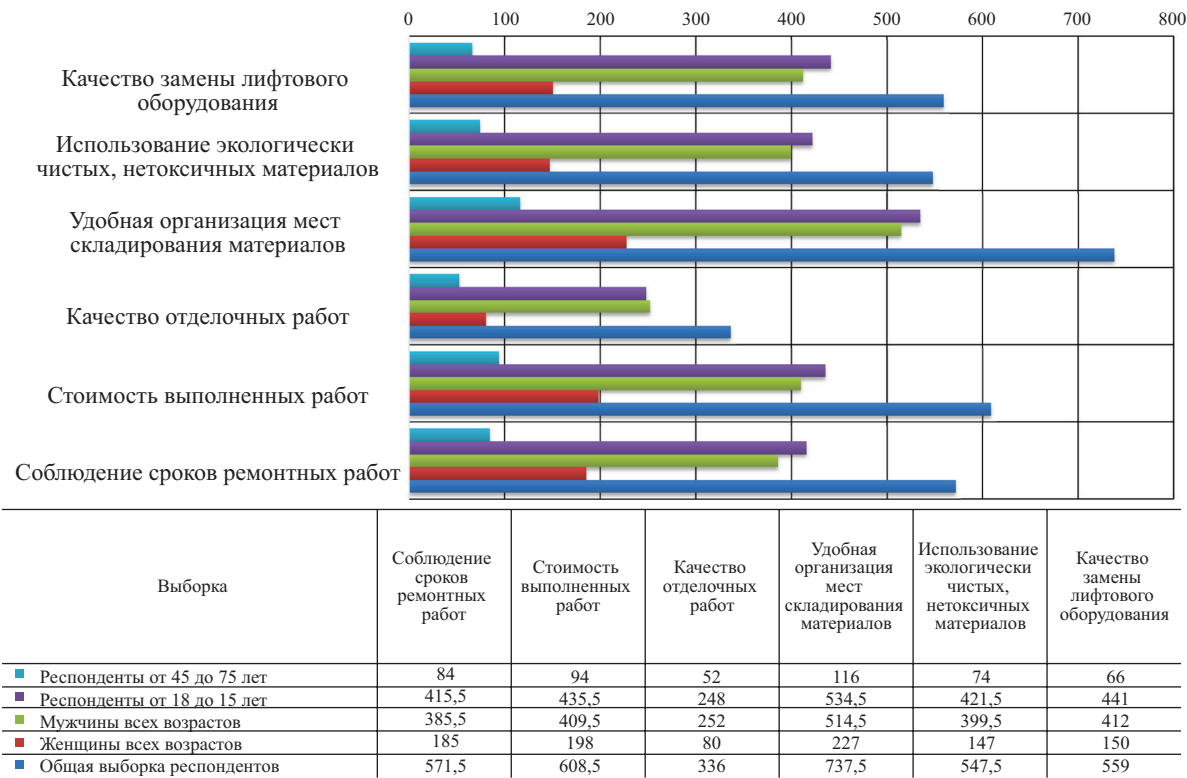


Рис. 1. Распределение суммы рангов по факторам

$$S = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{k=1}^m r_{ik} - 0,5m(n+1) \right]^2;$$
$$\partial(n, m) = \begin{cases} 0, & \text{при } m(n+1) \text{ четное число} \\ 1, & \text{при } m(n+1) \text{ нечетное число} \end{cases},$$

где n — количество факторов.

На рис. 1 показано распределение сумм рангов по всем рассматриваемым вариантам выборок. Очевидно, что в этом опросе минимальная сумма рангов (наиболее значимый фактор) соответствует фактору «Качество отделочных работ», максимальное — фактору «Удобная для жителей организация мест временного складирования материалов» (наименее значимый фактор). Тем не менее делать выводы по результатам этой части исследования было бы некорректно без оценки значимости расчетных значений коэффициентов конкордации.

Расчетные значения коэффициента конкордации по всем выборкам респондентов приведены в табл. 1 (столбец 4). Очевидно, что с формальной точки зрения только один из коэффициентов конкордации (выборка «Женщины») соответствует удовлетворительной согласованности мнений респондентов (0,5). Но для опросов с большим количество респондентов такой подход является неполным (этот вопрос рассмотрен далее). Поэтому проводится оценка значимости полученных значений коэффициентов конкордации по двум критериям — χ^2 Пирсона и Z -критерий Фишера.

Согласно работе [16], эмпирическое значение критерия Пирсона определяется по выражению:

$$\chi^2 = m \cdot (n - 1) \cdot W. \tag{3}$$

Число степеней свободы $\nu = n - 1$. Для всех выборок значение степени свободы 5. Эмпирические значения χ^2 в столбце 5 табл. 1.

Для Z -критерия Фишера, согласно публикации [16], в качестве критической статистики используется величина:

$$Z = 0,5 \cdot \ln[(n + 1)W/(1 - W)]. \tag{4}$$

Степени свободы статистики (4) по работе [16] рассчитываются для задачи определения значимости как:

$$\nu_1 = n - 1; \nu_2 = (m - 1) \cdot \nu_1. \tag{5}$$

Расчетные данные внесены в табл. 1, столбцы 7–9. Так как по данным табл. 1 для всех выборок эмпирическое значение χ^2 больше критериального значения даже для уровня значимости 0,01, то мнения экспертов на этом уровне значимости можно считать согласованными во всех рассмотренных выборках. Аналогичный результат показал анализ данных по критерию Фишера.

Второй тур исследования. Группирование факторов

Далее согласно идеологии используемого метода опроса проведено группирование факторов (табл. 2) по трем группам, условно обозначенным как «Организация проведения капитального ремонта», «Стоимость проведения капитального ремонта» и «Качество

Табл. 1. К расчету значимости коэффициентов конкордации

Выборка	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>W</i> по выражению (2)	χ^2 по формуле (3)	χ^2 критериальное значение	<i>Z</i> по выражению (4)	<i>v</i> ₁	<i>v</i> ₂	<i>Z</i> критериальное значение
							по формуле (5)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Общая выборка респондентов	160	6	0,19	152,00	11,07 (уровень значимости 0,05) 15,07 (уровень значимости 0,01)	0,25	5	795	2,2 (уровень значимости 0,05) 2,8 (уровень значимости 0,01)
Женщины всех возрастов	47	6	0,51	119,85		0,99	5	230	
Мужчины всех возрастов	113	6	0,16	90,40		0,14	5	560	
Респонденты от 18 до 25 лет включительно	119	6	0,17	101,15		0,18	5	590	
Респонденты от 45 до 75 лет вкпочительно	23	6	0,27	31,05		0,48	5	110	

Табл. 2. Группирование факторов

Факторы	Объединенные группы факторов
Соблюдение сроков выполнения ремонтных работ	Организация проведения капитального ремонта (продолжительность, сроки, складирование материалов)
Удобная для жителей организация мест временного складирования материалов	
Стоимость выполненных работ	Стоимость проведения капитального ремонта (включая затраты на материалы и лифтовое оборудование)
Качество замены лифтового оборудования	
Качество отделочных работ	Качество отделочных работ и применяемых материалов
Использование экологически чистых, нетоксичных материалов	

отделочных работ и применяемых материалов», далее «Организация», «Стоимость», «Качество».

Результаты статистической обработки второго тура приведены в табл. 3 и на рис. 2.

Также для практического применения полученных результатов были рассчитаны по общей выборке респондентов весовые коэффициенты каждого исследуемого фактора: «Организация» — 0,165, «Стоимость» — 0,335, «Качество» — 0,500.

Практическое применение полученных результатов для оценки качества капитального ремонта в МКД

В качестве небольшого примера рассмотрим опрос в МКД г. Москвы после осуществления капитального ремонта. Респондентами являются жители дома всех возрастов и гендеров. Оценивались факторы «Организация проведения капитального ремонта (продолжительность, сроки, складирование материалов)», «Качество отделочных работ и применяемых матери-

Табл. 3. Результаты согласованности экспертов во втором туре

Выборка	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>W</i> по выражению (2)	Доверительная вероятность по Пирсону	Уровень значимости
Общая выборка респондентов	160	3	0,77	0,99	0,01
Женщины всех возрастов	47	3	0,66	0,99	0,01
Мужчины всех возрастов	113	3	0,71	0,99	0,01
Респонденты от 18 до 25 лет включительно	119	3	0,73	0,99	0,01
Респонденты от 45 до 75 лет включительно	23	3	0,80	0,99	0,01

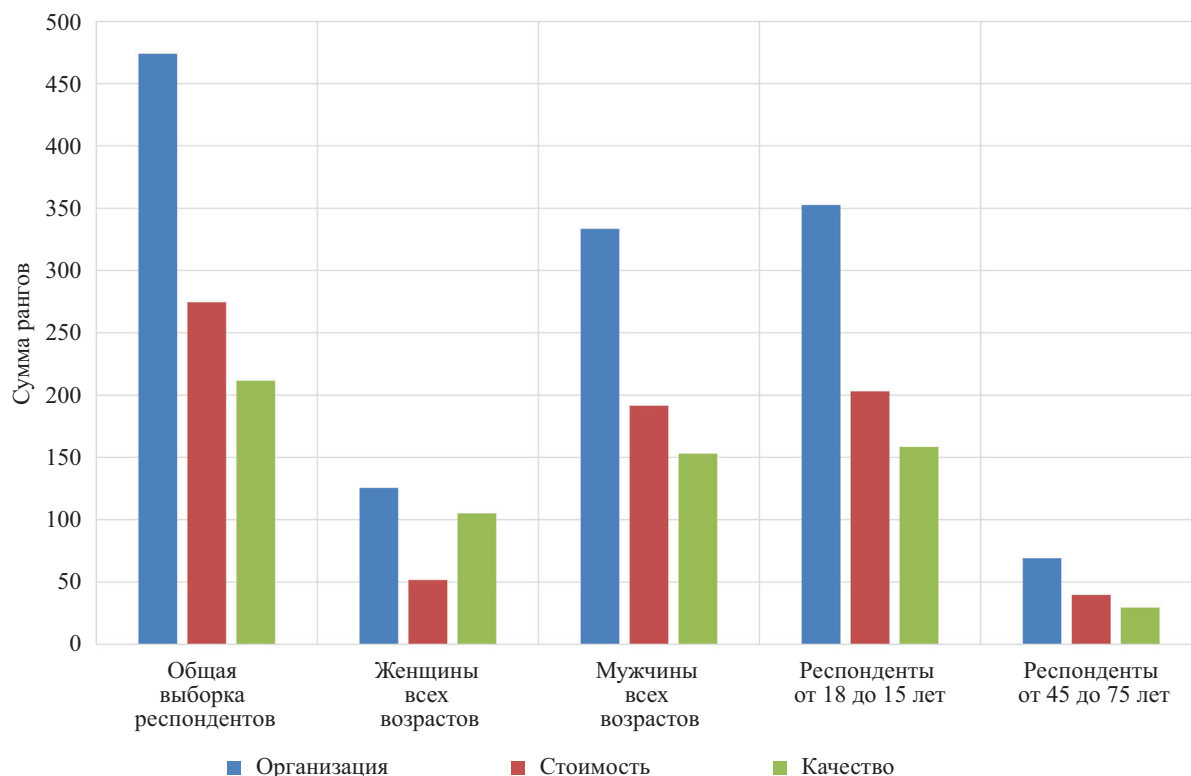


Рис. 2. Расчетные значения сумм рангов

алов», «Стоимость проведения капитального ремонта (включая затраты на материалы и лифтовое оборудование)». Оценка велась по 10-балльной шкале, самый высокий балл — 10, самый низкий — 1. Средний балл выполненного опроса по фактору «Организация» — 3,2, по фактору «Качество» — 4,8, по фактору «Стоимость» — 9,5. Необходимо дать комплексную оценку произведенного капитального ремонта.

С целью решения задачи используем обобщенную функцию желательности Харрингтона, применяемую для формализации субъективных неопределенностей в многокритериальных задачах, например для оценки эффективности мероприятий по охране

труда [19, 20]. Показатель желательности изменяется в пределах от 0 (наихудший) до 1 (наилучший). Частные показатели могут изменяться в пределах от 2 до 5 (рис. 3). Формула, описывающая «кривую желательности» Харрингтона:

$$d = \exp[-\exp(-Y)], \quad (6)$$

определяет функцию с двумя участками насыщения (в $d \rightarrow 0$ и $d \rightarrow 1$) и линейным участком между ними. Y — некоторая безразмерная величина, связанная со значением натурального фактора линейным законом:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot Y_n, \quad (7)$$

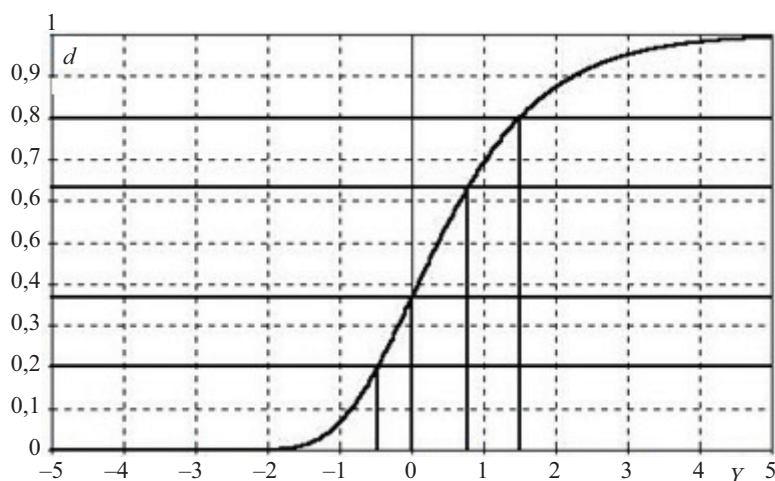


Рис. 3. Графическое изображение левой ветви функции желательности Харрингтона при одностороннем ограничении

Табл. 4. Частные желательности по Харрингтону

Фактор	Средний балл по опросу Y_n	Весовые коэффициенты k_i	Y	d по выражению (8)	Вербализация значений частных желательностей
Стоимость	9,5	0,335	4,630	0,99	Очень хорошо
Качество	4,8	0,500	0,963	0,68	Хорошо
Организация	3,2	0,165	-0,284	0,26	Плохо

где Y_n — натуральные факторы, в рассматриваемом случае средние баллы, полученные в результате опроса.

Ось координат Y является шкалой частных показателей, ось d — шкалой желательности. Шкала желательности делится в диапазоне от 0 до 1 на пять поддиапазонов: $[0; 0,20]$ — «очень плохо»; $[0,20; 0,37]$ — «плохо»; $[0,37; 0,63]$ — «удовлетворительно»; $[0,63; 0,80]$ — «хорошо»; $[0,80; 1,00]$ — «очень хорошо».

Подставим в уравнение (6) реперные значения шкалы желательности d , получим следующие выражения: $1 = \exp[-\exp(-Y_0)]$; $0,80 = \exp[-\exp(-Y_1)]$; $0,63 = \exp[-\exp(-Y_2)]$; $0,37 = \exp[-\exp(-Y_3)]$; $0,20 = \exp[-\exp(-Y_4)]$. После двойного логарифмирования: $Y_0 = 5,0000$; $Y_1 = 1,5000$; $Y_2 = 0,7725$; $Y_3 = 0,0057$; $Y_4 = -0,475$; $Y_5 = -2,0000$. Подставив в выражение (7) крайние значения шкалы Y (максимальной и минимальной желательностям d), получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} a_0 + a_1 \cdot Y_{n \max} = 5; \\ a_0 + a_1 \cdot Y_{n \min} = -2. \end{cases}$$

Решая систему уравнений, подставив вместо $Y_{n \max}$ максимальное число баллов из возможных по условиям проведения опроса (10), вместо $Y_{n \min}$ минимальное число баллов из возможных (1), получаем формулу для преобразования натуральных параметров в частные желательности:

$$d = \exp(-\exp(-(-2,78 + 0,78 \cdot Y_n))). \tag{8}$$

Результаты расчетов сведены в табл. 4.

С учетом весовых коэффициентов получаем обобщенный результат:

$$D = \prod_{i=1}^n d_i^{k_i} = 0,99^{0,335} \cdot 0,68^{0,5} \cdot 0,26^{0,165} = 0,66.$$

Полученное значение относится к показателю «Хорошо».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных в результате обработки данных опроса выявил ряд интересных тенденций. Оба этапа показали (рис. 1, 2), что вопрос удобства жителей при проведении капитального ремонта МКД для самих жителей не приоритетный. Жители всех возрастов и гендеров готовы потерпеть неудобства в процессе ремонта. А приоритетным являет-

ся вопрос применения качественных, нетоксичных материалов и качество отделки. Для женщин всех возрастов оказался важным вопрос стоимости выполненного ремонта. Его актуальность для этой группы респондентов практически на уровне качества материалов. Это связано с тем, что именно женщины контролируют расходы в семьях и следят, чтобы выделенные на капитальный ремонт средства расходовались целенаправленно.

Осуществленный опрос позволил рассчитать весовые коэффициенты факторов, что привело к созданию методики экспресс-оценки капитального ремонта в МКД на основе статистического подхода. Для практического применения полученных результатов рассчитаны по общей выборке респондентов весовые коэффициенты каждого исследуемого фактора: «Организация» — 0,165; «Стоимость» — 0,335; «Качество» — 0,5, что позволило создать методику экспресс-оценки качества выполняемых капитальных ремонтов с точки зрения конечного потребителя — жителей МКД на основе вербально-числовых шкал Харрингтона.

Обработка результатов опроса показала, что для оценки достоверности проводимых методом Дельфи опросов следует ориентироваться на достижение большей доверительной вероятности, а не только на величину коэффициента конкордации.

Изучение общественного мнения на следующем уровне даст возможность выявить актуальные вопросы при осуществлении капитального ремонта (обоснование и составление планов проведения работ, выбор эффективных и приемлемых технологических решений и др.), а также дополнить существующие нормативные документы^{6, 7, 8}.

Методологические основы данного исследования частично были доложены на Международном симпозиуме «The future of the construction industry: challenges and development prospects» [21].

⁶ МДК 2-03.2003. Правила и нормы технической эксплуатации жилищного фонда.

⁷ СП 368.1325800.2017. Здания жилые. Правила проектирования капитального ремонта.

⁸ ВСН 41-85(р). Инструкция по разработке проектов организации и проектов производства работ по капитальному ремонту жилых зданий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Цыбикова Д.Г. Участие собственников в решении вопросов капитального ремонта многоквартирных домов // Вестник РГГУ. Серия: Философия. Социология. Искусствоведение. 2017. № 2 (8). С. 46–56. EDN ZIDMFL.
2. Ермишина А.В. Цифровизация в системе организации капитального ремонта многоквартирных домов в России // Journal of Economic Regulation. 2022. Т. 13. № 4. С. 108–115. DOI: 10.17835/2078-5429.2022.13.4.108-115. EDN QESXBV.
3. Какадий В.И., Какадий И.И. Управление системой капитального ремонта многоквартирных домов // Вестник евразийской науки. 2020. Т. 12. № 2. С. 43. EDN RZKFCH.
4. Хмелева Г.А., Трифонова Д.Ю. Государственный контроль капитального ремонта многоквартирных домов, проблемы и способы их решения // Вестник науки и образования. 2019. № 10–4 (64). С. 38–40. EDN MYWELD.
5. Niemela T., Kosonen R., Jokisalo J. Cost-effectiveness of energy performance renovation measures in Finnish brick apartment buildings // Energy and Buildings. 2017. Vol. 137. Pp. 60–75. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.12.031
6. Gram-Hanssen K., Bonderup S., Aagaard L.K., Møller Askholm M.A. Energy justice in heat metering: Findings from a Danish experiment of metering and distribution in residential apartment buildings // Energy Research & Social Science. 2023. Vol. 104. P. 103250. DOI: 10.1016/j.erss.2023.103250
7. Choi J., Kim J. Techno-economic feasibility study for deep renovation of old apartment // Journal of Cleaner Production. 2023. Vol. 382. P. 135396. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.135396
8. Zavadskas E.K., Vilutiene T. A multiple criteria evaluation of multi-family apartment block's maintenance contractors: I-Model for maintenance contractor evaluation and the determination of its selection criteria // Building and Environment. 2006. Vol. 41. Issue 5. Pp. 621–632. DOI: 10.1016/j.buildenv.2005.02.019
9. Kwon N., Ahn Y., Son B.S., Moon H. Developing a machine learning-based building repair time estimation model considering weight assigning methods // Journal of Building Engineering. 2021. Vol. 43. P. 102627. DOI: 10.1016/j.jobe.2021.102627
10. Sarvari H., Baghbaderani A.B., Chan D.W.M., Beer M. Determining the significant contributing factors to the occurrence of human errors in the urban construction projects: A Delphi-SWARA study approach // Technological Forecasting and Social Change. 2024. Vol. 205. P. 123512. DOI: 10.1016/j.techfore.2024.123512
11. Kajjoba D., Wesonga R., Olupot P.W., Kirabira J.B., Lwanyaga J.D., Kasedde H. Prioritizing sustainability indicators for Uganda's Built Environment: Expert perspectives using the Delphi technique // Results in Engineering. 2024. Vol. 24. P. 103182. DOI: 10.1016/j.rineng.2024.103182
12. Mohandes S.R., Sadeghi H., Fazeli A., Mahdiyar A., Hosseini M.R., Arashpour M. et al. Causal analysis of accidents on construction sites: A hybrid fuzzy Delphi and DEMATEL approach // Safety Science. 2022. Vol. 151. P. 105730. DOI: 10.1016/j.ssci.2022.105730
13. Yusoff H.M., Heng P.P., Illias M.R., Karripayah S., Fadhli M.A., Hod R. A qualitative exploration and a Fuzzy Delphi validation of high-risk scaffolding tasks and fatigue-related safety behavioural deviation among scaffolders // Heliyon. 2024. Vol. 10. Issue 15. P. e34599. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e34599
14. Hurmekoski E., Pykäläinen J., Hetemäki L. Long-term targets for green building: Explorative Delphi backcasting study on wood-frame multi-story construction in Finland // Journal of Cleaner Production. 2018. Vol. 172. Pp. 3644–3654. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.08.031
15. Bachar R., Urlainis A., Wang K.-C., Shohet I.M. Optimal allocation of safety resources in small and medium construction enterprises // Safety Science. 2025. Vol. 181. P. 106680. DOI: 10.1016/j.ssci.2024.106680
16. Араб-Оглы Э.А., Бестужев-Лада И.В., Гаврилов Н.Ф. и др. Рабочая книга по прогнозированию. М. : Мысль, 1982. 430 с.
17. Попов Г.А., Попова Е.А. Альтернативный вариант коэффициента конкордации // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2013. № 2. С. 158–167. EDN QJBSGT.
18. Попов Г.А., Попова Е.А. Асимптотическое поведение альтернативного варианта коэффициента конкордации // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2014. № 1. С. 153–160. EDN RUDUIL.
19. Фомина Е.Е., Кузьминова А.С. Методика оценки результативности системы управления охраной труда и промышленной безопасностью // Безопасность труда в промышленности. 2024. № 8. С. 77–83. DOI: 10.24000/0409-2961-2024-8-77-83. EDN RYLXRK.
20. Порошин А.А., Бобринев Е.В., Удацова Е.Ю., Кондашов А.А. Динамическая модель оценки состояния системы управления охраной труда: применение байесовского подхода // Безопасность труда в промышленности. 2021. № 9. С. 26–30. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-9-26-30. EDN ZGJSGS.
21. Kornilova A., Ermakov V., Baulin A. Methodological approaches to the assessment of public opinion during the overhaul of apartment buildings // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 457. P. 02051. DOI: 10.1051/e3sconf/202345702051

Поступила в редакцию 29 ноября 2024 г.

Принята в доработанном виде 5 декабря 2024 г.

Одобрена для публикации 12 декабря 2024 г.

ОБ АВТОРАХ: Анна Владимировна Корнилова — доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт экспериментальной механики; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ);** 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; профессор, Инженерная академия; **Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН);** 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; SPIN-код: 6569-6240, Scopus: 7004499009, ResearcherID: U-3353-2017, ORCID: 0000-0001-5569-9320; KornilovaAV@mgsu.ru;

Валентин Алексеевич Ермаков — кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт экспериментальной механики; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ);** 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 671368, Scopus: 57202806137, ResearcherID: AFZ-4645-2022, ORCID: 0000-0002-8862-8139; Ermakov@mgsu.ru;

Алексей Васильевич Баулин — кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры испытаний сооружений; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ);** 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 270399, Scopus: 57217598258, ResearcherID: AFO-0397-2022, ORCID: 0000-0003-2874-6704; BaulinAV@mgsu.ru.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

INTRODUCTION

Currently, more than 3.5 million Muscovites live in buildings that have undergone major repairs¹. In 2015, Moscow launched a major repair programme, one of the most ambitious housing modernization projects in Russia and the world. The programme is scheduled to run until 2044. It includes: 29,000 buildings (with a total area of 290 mln m²); more than 420,000 engineering systems and structural elements of buildings; replacement of 115,000 lifts. The main objectives of the major repairs to residential buildings are to resolve the issue of incomplete repairs carried out in previous years; improve the appearance of buildings; increase comfort; preserve the historical and cultural image of the city and the safety of Moscow's high-rise buildings¹. The website¹ describes in detail the algorithm for carrying out major repairs of apartment buildings (AB), from the submission of a proposal for major repairs to the acceptance of work (signing of the act). The quality of major repairs and the living conditions of citizens during repairs are under close scrutiny by citizens and the media. In 2015, GOST R 56193–2014² was introduced. Immediately after the launch of the ARF Centre's "People's Expertise" programme, a practical guide was published on issues related to the organization of major repairs to com-

mon property³. Despite the transparency of the process of organizing major repairs and the attention paid to it by public organizations, the number of complaints from residents on the Moscow mayor's website is not decreasing⁴. Consequently, studying public opinion on this issue and making decisions to eliminate emerging problems is currently a pressing task.

One effective way to assess the quality of repairs is to conduct a public opinion poll. Previous studies have addressed general issues (awareness, participation in meetings on major repairs, fundraising) [1]. It has been noted that homeowners are sometimes unable (or unwilling) to influence the course of repairs [2, 3] or that their complaints are ignored by contractors [4]. At the same time, federal law regulates the procedure for compensating for harm caused to the life or health of individuals during major repairs⁵.

A review of foreign sources on the issue of major repairs to apartment buildings as the main focus of research revealed the topic of energy efficiency of the measures taken [5–7]. There are works devoted to the multi-criteria evaluation of contractors [8], as well as the development

¹ Major repairs to residential buildings. URL: <https://www.mos.ru/city/projects/kapremont/#>

² GOST R 56193–2014. Housing and communal services and management of apartment buildings. Major repair services for common property in apartment buildings. General requirements.

³ Control over the process of major repairs of common property: rights and opportunities of citizen-owners: practical guide. URL: <https://fondkr10.ru/assets/dokumenty/Informaciya-sobstvennikam/Publikacii-broshyury-pamyatki/Prakticheskoe-posobie-Kontrol-za-processom-kapitalnogo-remonta-obshego-imushchestva.pdf>

⁴ Sergey Sobyenin's personal blog. URL: <https://www.sobyenin.ru/program/ticket/512>

⁵ Urban Planning Code of the Russian Federation dated 29 December 2004 No. 190-FZ, Art. 60.

of models for estimating the time required for building repairs based on machine learning [9].

The authors of this study believe that in the current Russian context, the most objective assessment of the quality of major repairs and the development of ways to improve them can only be provided by a public opinion poll with a representative specimen of respondents. The aim of this study is to look at the problem of major repairs to multi-apartment buildings from the point of view of the end user — the residents of multi-apartment buildings during major repairs without relocation and after repairs. The survey revealed that the priority factor for residents of multi-apartment buildings of all ages and genders when assessing major repairs is the use of high-quality, non-toxic materials and the quality of finishing. For women of all ages, the cost of repairs was an important issue. Its importance for this group of respondents was almost on a par with the importance of the quality of materials. For the purpose of practical application of the results obtained, weighting coefficients for each factor studied were calculated for the total specimen of respondents, which made it possible to create a method for rapid assessment of the quality of major repairs from the point of view of the end user — residents of multi-apartment buildings — based on Harrington's verbal-numerical scales.

MATERIALS AND METHODS

The authors conducted a survey using the Delphi method, which is a method of forecasting and decision-making based on the anonymous collection of opinions from a group of experts (respondents). A distinctive feature of the Delphi method is its iterative process: experts (respondents) answer questions in several rounds, with each subsequent round building on the results of the previous one. The Delphi method is used in construction, for example, to assess critical factors influencing human errors related to design decisions [10]; to evaluate energy consumption systems [11]; to identify the main causes of accidents on construction sites [12]; assessing the risks of accidents on construction sites caused by worker fatigue [13]; researching the prospects for the construction of multi-storey wooden buildings [14]; and studying safety issues in small and medium-sized construction companies [15].

Justification for the number of respondents

The survey involved 160 residents of Moscow and the surrounding area aged between 18 and 75, including 47 women and 113 men. Mathematical statistics were used to determine whether the number of respondents was sufficient for the task at hand. The literature [16] provides a rule for calculating the minimum number of respondents (experts) $m_{\min}$ depending on the permissible error value, according to which the following expression is valid:

$$m_{\min} = 0.5 \cdot \left(\frac{3}{\alpha} + 5 \right), \quad (1)$$

where α is the error of the analysis result, taking values from 0 to 1 (significance level). According to the data published in [16], expression (1) is most applicable when conducting a survey using the Delphi method. For a significance level of $\alpha = 0.05$ (confidence probability of 0.95) according to formula (1), the minimum number of respondents is 33; for a significance level of 0.01 (confidence probability of 0.99), the minimum number of respondents is 152.

It is clear that the number of experts who participated in the survey is sufficient ($m > m_{\min}$) at the highest confidence level.

Selection of factors to be evaluated

For the purpose of the initial survey, the following factors were selected, which respondents were asked to rank:

- compliance with repair work deadlines;
- cost of work performed;
- quality of finishing works;
- convenient organization of temporary storage of materials for residents;
- use of environmentally friendly, non-toxic materials;
- quality of lift equipment replacement.

The factors were selected based on considerations of time and cost, as well as ensuring safety during the overhaul.

RESEARCH RESULTS

Initial processing of survey results

The following rules were used when filling out the survey table: the most significant factor was assigned a rank of 1, and the least significant factor was assigned a rank of 6. If a respondent did not take one factor into account, the maximum rank value was taken as the assessment; if the respondent did not take several characteristics into account, they were assigned the same ranks, equal to the arithmetic mean of the remaining unused assessments. To assess the consistency of respondents' opinions, an alternative consistency coefficient was used [17, 18], which is a modification of Kendall's concordance coefficient as a multiple variant of rank correlation:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - 3m(2m(n+1) - 1) \cdot \partial(n, m)}; \quad (2)$$

$$S = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{k=1}^m r_{ik} - 0.5m(n+1) \right]^2;$$

$$\partial(n, m) = \begin{cases} 0, & \text{where } m(n+1) \text{ is even} \\ 1, & \text{where } m(n+1) \text{ is an odd number,} \end{cases}$$

where n is the number of factors.

Fig. 1 shows the distribution of rank sums across all specimen options considered. It is clear that in this survey, the minimum rank sum (the most significant

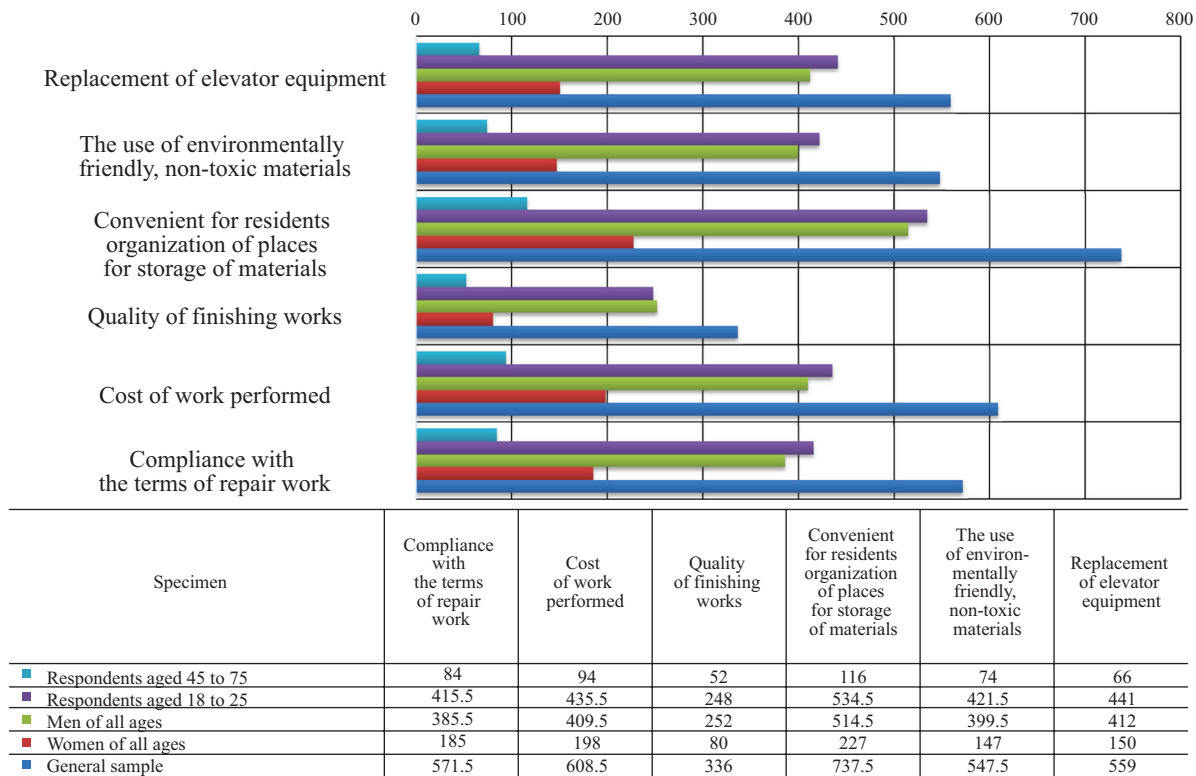


Fig. 1. Distribution of the sum of ranks by factors

factor) corresponds to the factor “Quality of finishing works”, and the maximum rank sum corresponds to the factor “Convenient organisation of temporary storage of materials for residents” (the least significant factor). Nevertheless, it would be incorrect to draw conclusions based on the results of this part of the study without assessing the significance of the calculated concordance coefficients.

The calculated values of the concordance coefficient for all respondent specimens are given in Table 1 (column 4). It is clear that, from a formal point of view, only one of the concordance coefficients (the “Women” specimen) corresponds to a satisfactory agreement among respondents (0.5). However, for surveys with a large number of respondents, this approach is incom-

plete (this issue is discussed further below). Therefore, the significance of the obtained concordance coefficient values is assessed according to two criteria: Pearson’s χ^2 and Fisher’s Z-criterion.

According to [16], the empirical value of Pearson’s criterion is determined by the expression:

$$\chi^2 = m \cdot (n - 1) \cdot W. \tag{3}$$

The number of degrees of freedom $\nu = n - 1$. For all specimens, the value of the degree of freedom is 5. Empirical values χ^2 in column 5 Table 1.

For Fisher’s Z-test, according to publication [16], the following value is used as the critical statistic:

$$Z = 0.5 \cdot \ln[(n + 1)W/(1 - W)]. \tag{4}$$

Table 1. Calculation of the significance of concordance coefficients

Specimen	m	n	W according to expression (2)	χ^2 according to formula (3)	χ^2 criterion value	Z according to expression (4)	v_1	v_2	Z criterion value
							according to formula (5)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Total specimen of respondents	160	6	0.19	152.00	11.07 (significance level 0.05) 15.07 (significance level 0.01)	0.25	5	795	2.2 (significance level 0.05) 2.8 (significance level 0.01)
Women of all ages	47	6	0.51	119.85		0.99	5	230	
Men of all ages	113	6	0.16	90.40		0.14	5	560	
Respondents aged 18 to 25 inclusive	119	6	0.17	101.15		0.18	5	590	
Respondents aged 45 to 75 inclusive	23	6	0.27	31.05		0.48	5	110	

Table 2. Grouping of factors

Factors	Combined groups of factors
Compliance with repair work deadlines	Organization of major repairs (duration, deadlines, storage of materials)
Convenient organization of temporary storage of materials for residents	
Cost of work performed	Cost of major repairs (including costs of materials and lift equipment)
Quality of lift equipment replacement	
Quality of finishing works	Quality of finishing works and materials used
Use of environmentally friendly, non-toxic materials	

The degrees of freedom of statistic (4) according to [16] are calculated for the task of determining significance as:

$$v_1 = n - 1; v_2 = (m - 1) \cdot v_1. \tag{5}$$

The calculated data are entered in Table 1, columns 7–9.

Since, according to Table 1, for all specimens, the empirical value of χ^2 is greater than the criterion value even for a significance level of 0.01, the opinions of experts at this significance level can be considered consistent in all specimens considered. A similar result was shown by the analysis of data using Fisher’s criterion.

Second round of research. Grouping of factors

Next, in accordance with the ideology of the survey method used, the factors were grouped (Table 2) into three groups, conditionally designated as “Organization of major repairs”, “Cost of major repairs” and “Quality of finishing works and materials used”, hereinafter referred to as “Organization”, “Cost,” and “Quality.”

The results of the statistical processing of the second round are shown in Table 3 and Fig. 2.

For practical application of the results obtained, weight coefficients for each factor studied were calculated for the total specimen of respondents: “Organization” — 0.165, “Cost” — 0.335, “Quality” — 0.500.

Practical application of the results obtained to assess the quality of major repairs in multi-apartment buildings

As a small example, let us consider a survey in a multi-apartment building in Moscow after major repairs were carried out. The respondents are residents of the building of all ages and genders. The following

factors were assessed: “Organization of major repairs (duration, deadlines, storage of materials)”, “Quality of finishing works and materials used”, and “Cost of major repairs (including the cost of materials and lift equipment)”. The assessment was carried out on a 10-point scale, with the highest score being 10 and the lowest being 1. The average score for the completed survey for the “Organization” factor was 3.2, for the “Quality” factor was 4.8, and for the “Cost” factor was 9.5. A comprehensive assessment of the major repairs carried out is required.

To solve the problem, we use Harrington’s generalized preference function, which is used to formalize subjective uncertainties in multi-criteria problems, for example, to evaluate the effectiveness of occupational safety measures [19, 20]. The desirability index ranges from 0 (worst) to 1 (best). Individual indices can range from 2 to 5 (Fig. 3). The formula describing Harrington’s “desirability curve” is:

$$d = \exp[-\exp(-Y)], \tag{6}$$

defines a function with two saturation regions (at $d \rightarrow 0$ and $d \rightarrow 1$) and a linear region between them. Y is a dimensionless quantity related to the value of the natural factor by a linear law:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot Y_n, \tag{7}$$

where Y_n are natural factors, in this case the average scores obtained from the survey.

The Y -axis is a scale of individual indicators, and the d -axis is a desirability scale. The desirability scale is divided into five sub-ranges from 0 to 1: [0; 0.20] — “very poor”; [0.20; 0.37] — “poor”; [0.37; 0.63] — “satisfactory”; [0.63; 0.80] — “good”; [0.8; 1.00] — “very good”.

Table 3. Results of expert agreement in the second round

Specimen	m	n	W by expression (2)	Pearson’s confidence probability	Significance level
Total specimen of respondents	160	3	0.77	0.99	0.01
Women of all ages	47	3	0.66	0.99	0.01
Men of all ages	113	3	0.71	0.99	0.01
Respondents aged 18 to 25 inclusive	119	3	0.73	0.99	0.01
Respondents aged 45 to 75 inclusive	23	3	0.80	0.99	0.01

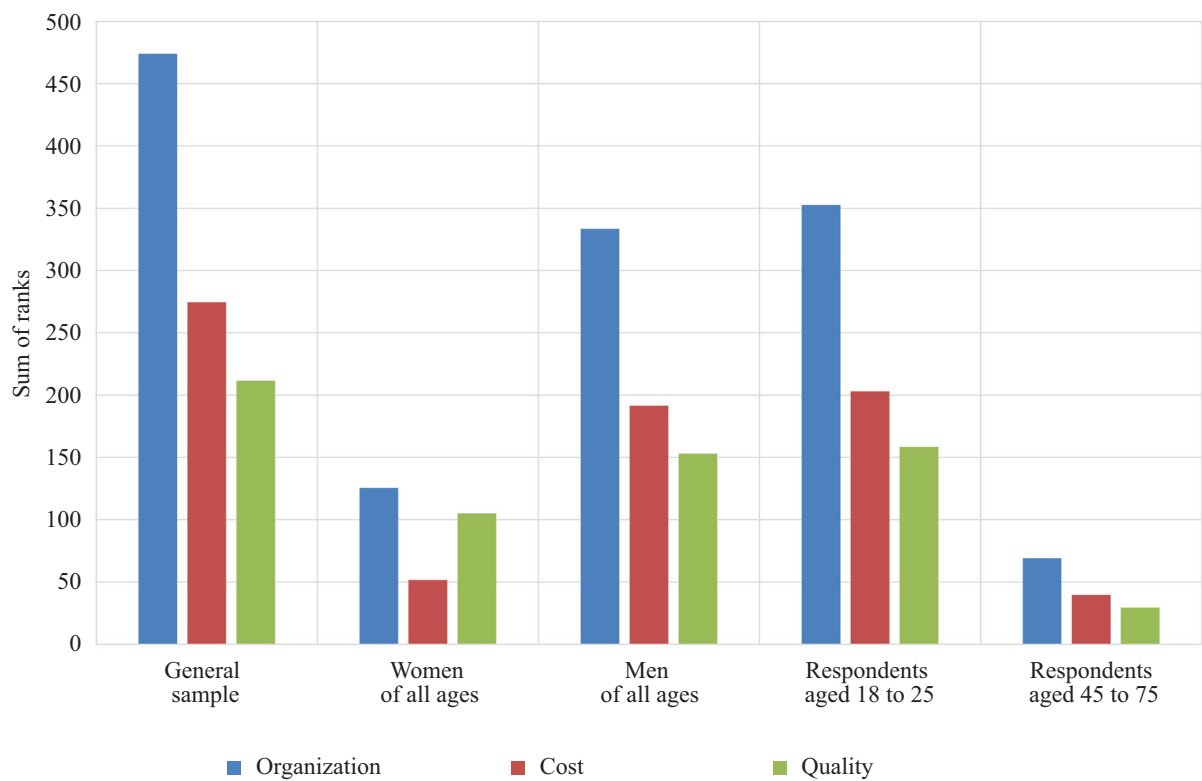


Fig. 2. Calculated values of rank sums

Substituting the reference values of the preference scale d into equation (6), we obtain the following expressions: $1 = \exp[-\exp(-Y_0)]$; $0.80 = \exp[-\exp(-Y_1)]$; $0.63 = \exp[\exp(-Y_2)]$; $0.37 = \exp[-\exp(-Y_3)]$; $0.20 = \exp[-\exp(-Y_4)]$. After double logarithmation: $Y_0 = 5.0000$; $Y_1 = 1.5000$; $Y_2 = 0.7725$; $Y_3 = 0.0057$; $Y_4 = -0.475$; $Y_5 = -2.0000$. Substituting the extreme values of the Y scale (maximum and minimum desirability d) into expression (7), we obtain a system of equations:

$$\begin{cases} a_0 + a_1 \cdot Y_{\text{H max}} = 5; \\ a_0 + a_1 \cdot Y_{\text{H min}} = -2. \end{cases}$$

Solving the system of equations, substituting the maximum number of points possible under the condi-

tions of the survey (10) for $Y_{\text{H max}}$ and the minimum number of points possible (1) for $Y_{\text{H min}}$, we obtain the formula for converting natural parameters into partial desirability:

$$d = \exp(-\exp(-(-2.78 + 0.78 \cdot Y_n))). \tag{8}$$

The results of the calculations are summarized in Table 4.

Taking into account the weight coefficients, we obtain the following generalized result:

$$D = \prod_{i=1}^n d_i^{k_i} = 0.99^{0.335} \cdot 0.68^{0.5} \cdot 0.26^{0.165} = 0.66.$$

The value obtained corresponds to the “Good” indicator.

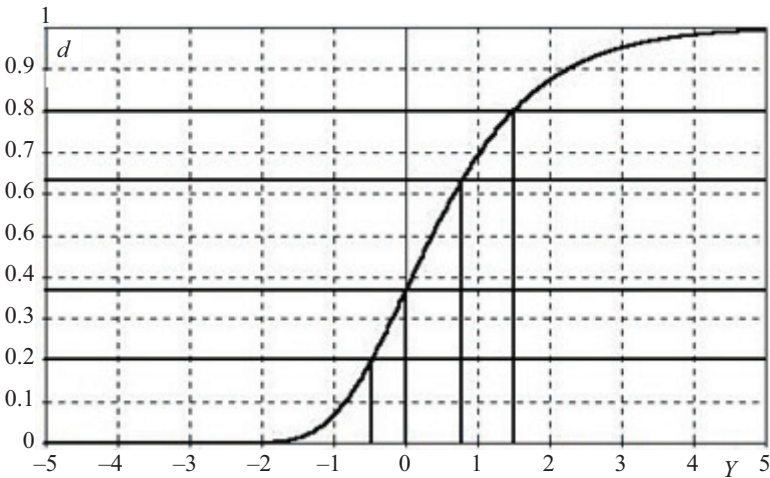


Fig. 3. Graphical representation of the left branch of the Harrington preference function with a one-sided restriction

Table 4. Particular preferences according to Harrington

Factor	Average score in the survey Y_n	Weighting coefficients k_i	Y	d according to expression (8)	Verbalization of the values of particular preferences
Cost	9.5	0.335	4.630	0.99	Very good
Quality	4.8	0.500	0.963	0.68	Good
Organization	3.2	0.165	−0.284	0.26	Poor

CONCLUSION AND DISCUSSION

Analysis of the survey data revealed a number of interesting trends. Both stages showed (Fig. 1, 2) that the issue of convenience for residents during major repairs to multi-family buildings is not a priority for the residents themselves. Residents of all ages and genders are willing to put up with inconveniences during the repair process. The priority is the use of high-quality, non-toxic materials and the quality of the finish. For women of all ages, the cost of the repairs was an important issue. Its relevance for this group of respondents is practically on a par with the quality of materials. This is because it is women who control household expenses and ensure that the funds allocated for major repairs are spent in a targeted manner.

The survey allowed us to calculate the weighting coefficients of the factors, which led to the creation of a methodology for the rapid assessment of major repairs in multi-apartment buildings based on a statistical approach. For the practical application of the results obtained, the weighting coefficients of each factor studied were calculated for the total specimen of respondents: “Organization” — 0.165; “Cost” — 0.335; “Quality” — 0.5, which made it possible to create a method for rapid assessment of the quality of capital repairs

from the point of view of the end user — residents of multi-apartment buildings — based on Harrington’s verbal-numerical scales.

Processing of the survey results showed that in order to assess the reliability of surveys conducted using the Delphi method, it is necessary to focus on achieving greater confidence probability, and not just on the value of the concordance coefficient.

Studying public opinion at the next level will make it possible to identify current issues in the implementation of major repairs (justification and preparation of work plans, selection of effective and acceptable technological solutions, etc.), as well as to supplement existing regulatory documents^{6, 7, 8}.

The methodological foundations of this study were partially reported at the international symposium “The future of the construction industry: challenges and development prospects” [21].

⁶ MDK 2-03.2003. Rules and standards for the technical operation of the housing stock.

⁷ CP 368.1325800.2017. Residential buildings. Rules for the design of major repairs.

⁸ VSN 41-85(r). Instructions for the development of projects for the organization and production of major repairs of residential buildings.

REFERENCES

1. Tsybikova D. Participation of the owners in matters of major overhaul in the apartment buildings. RSUH/RGGU Bulletin. Series: Philosophy. Sociology. Art Studies. 2017; 2(8):46-56. EDN ZIDMFL. (rus.).

2. Ermishina A.V. Digitalization in the organizing of apartment building major renovation in Russia. Journal of Economic Regulation. 2022; 13(4):108-115. DOI: 10.17835/2078-5429.2022.13.4.108-115. EDN QESXBV. (rus.).

3. Kakadiy V.I., Kakadiy I.I. Managing the system of major repairs of apartment buildings. The Eurasian Scientific Journal. 2020; 12(2):43. EDN RZKFCH. (rus.).

4. Khmeleva G.A., Trifonova D.Yu. State control of capital repair of multi-apartment houses, problems and methods of their solution. Bulletin of Science and Education. 2019; 10-4(64):38-40. EDN MYWELD. (rus.).

5. Niemela T., Kosonen R., Jokisalo J. Cost-effectiveness of energy performance renovation measures in Finnish brick apartment buildings. Energy and Buildings. 2017; 137:60-75. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.12.031

6. Gram-Hanssen K., Bonderup S., Aagaard L.K., Møller Askholm M.A. Energy justice in heat metering: Findings from a Danish experiment of metering and distribution in residential apartment buildings. Energy Research & Social Science. 2023; 104:103250. DOI: 10.1016/j.erss.2023.103250

7. Choi J., Kim J. Techno-economic feasibility study for deep renovation of old apartment. Journal of Cleaner Production. 2023; 382:135396. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.135396

8. Zavadskas E.K., Vilutiene T. A multiple criteria evaluation of multi-family apartment block’s maintenance contractors: I-Model for maintenance contractor

evaluation and the determination of its selection criteria. *Building and Environment*. 2006; 41(5):621-632. DOI: 10.1016/j.buildenv.2005.02.019

9. Kwon N., Ahn Y., Son B.S., Moon H. Developing a machine learning-based building repair time estimation model considering weight assigning methods. *Journal of Building Engineering*. 2021; 43:102627. DOI: 10.1016/j.jobe.2021.102627

10. Sarvari H., Baghbaderani A.B., Chan D.W.M., Beer M. Determining the significant contributing factors to the occurrence of human errors in the urban construction projects: A Delphi-SWARA study approach. *Technological Forecasting and Social Change*. 2024; 205:123512. DOI: 10.1016/j.techfore.2024.123512

11. Kajjoba D., Wesonga R., Olupot P.W., Kirabira J.B., Lwanyaga J.D., Kasedde H. Prioritizing sustainability indicators for Uganda's Built Environment: Expert perspectives using the Delphi technique. *Results in Engineering*. 2024; 24:103182. DOI: 10.1016/j.rineng.2024.103182

12. Mohandes S.R., Sadeghi H., Fazeli A., Mahdiyar A., Hosseini M.R., Arashpour M. et al. Causal analysis of accidents on construction sites: A hybrid fuzzy Delphi and DEMATEL approach. *Safety Science*. 2022; 151:105730. DOI: 10.1016/j.ssci.2022.105730

13. Yusoff H.M., Heng P.P., Illias M.R., Karrupayah S., Fadhli M.A., Hod R. A qualitative exploration and a Fuzzy Delphi validation of high-risk scaffolding tasks and fatigue-related safety behavioural deviation among scaffolders. *Heliyon*. 2024; 10(15):e34599. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e34599

14. Hurmekoski E., Pykäläinen J., Hetemäki L. Long-term targets for green building: Explorative Delphi backcasting study on wood-frame multi-story construc-

tion in Finland. *Journal of Cleaner Production*. 2018; 172:3644-3654. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.08.031

15. Bachar R., Urlainis A., Wang K.-C., Shohet I.M. Optimal allocation of safety resources in small and medium construction enterprises. *Safety Science*. 2025; 181:106680. DOI: 10.1016/j.ssci.2024.106680

16. Arab-Ogly E.A., Bestuzhev-Lada I.V., Gavrilov N.F. et al. *Workbook on forecasting*. Moscow, Mysl, 1982; 430. (rus.).

17. Popov G.A., Popova E.A. Alternative of coefficient of concordance. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, computer science and informatics*. 2013; 2:158-167. EDN QJBSGT. (rus.).

18. Popov G.A., Popova E.A. Asymptotic behavior of alternative of concordance coefficient. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, computer science and informatics*. 2014; 1:153-160. EDN RUDUIL. (rus.).

19. Fomina E.E., Kuzminova A.S. Performance assessment methodology of occupational health and safety management system. *Occupational Safety in Industry*. 2024; 8:77-83. DOI: 10.24000/0409-2961-2024-8-77-83. EDN RYLXRK. (rus.).

20. Poroshin A.A., Bobrinev E.V., Udavtsova E.Yu., Kondashov A.A. Dynamic model for assessing the state of the occupational health and safety management system: application of the Bayesian approach. *Occupational Safety in Industry*. 2021; 9:26-30. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-9-26-30. EDN ZGJSGS. (rus.).

21. Kornilova A., Ermakov V., Baulin A. Methodological approaches to the assessment of public opinion during the overhaul of apartment buildings. *E3S Web of Conferences*. 2023; 457:02051. DOI: 10.1051/e3sconf/202345702051

Received November 29, 2024.

Adopted in revised form on December 5, 2024.

Approved for publication on December 12, 2024.

B I O N O T E S: **Anna V. Kornilova** — Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher Research Institute of Experimental Mechanics; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; Professor, Engineering Academy; **Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN)**; 6 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; SPIN-code: 6569-6240, Scopus: 7004499009, ResearcherID: U-3353-2017, ORCID: 0000-0001-5569-9320; KornilovaAV@mgsu.ru;

Valentin A. Ermakov — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher Research Institute of Experimental Mechanics; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RSCI: 671368, Scopus: 57202806137, ResearcherID: AFZ-4645-2022, ORCID: 0000-0002-8862-8139; Ermakov@mgsu.ru;

Aleksei V. Baulin — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Testing of Structures; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RSCI: 270399, Scopus: 57217598258, ResearcherID: AFO-0397-2022, ORCID: 0000-0003-2874-6704; BaulinAV@mgsu.ru.

Contribution of the authors: all the authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.