

## Разработка технологии для оптимизации параметров универсальной квартирографии

**Илья Борисович ГРИШУТИН**, начальник отдела внедрения информационных систем и результатов научных исследований, i.grishutin@dev-city.ru

**Сергей Сергеевич МИНАКОВ**, зам. начальника отдела внедрения информационных систем и результатов научных исследований, s.minakov@dev-city.ru

**Мария Игоревна ПАРХОМЕНКО**, зам. начальника отдела обеспечения реализации программ градостроительного развития, parkhomenko@dev-city.ru

**Михаил Евгеньевич КАРГАШИН**, ведущий программист, m.kargashin@dev-city.ru

Научно-проектный центр «Развитие города», 129090 Москва, просп. Мира, 19, стр. 3

**Аннотация.** Разработана технология определения оптимальных параметров универсальной проектной квартирографии домов, которые предназначены для переселения людей по Программе реновации жилищного фонда города Москвы. Процесс определения оптимальной универсальной квартирографии представлен как решение задачи по оптимизации. Приведен пример использования рассмотренной технологии при определении универсальной квартирографии однокомнатных квартир отселяемых домов района Метрогородок в Москве. Сформирована универсальная квартирография с оптимальными параметрами для отселяемого жилищного фонда данной территории. Предложенная технология позволяет автоматически выявить теоретически оптимальный вариант проектной квартирографии, а также предоставляет возможность экспертными методами найти этот вариант среди нескольких возможных с учетом целесообразности проектирования. Кроме того, данную технологию можно использовать не только для расчета оптимальной универсальной квартирографии, но и для определения параметров индивидуальной квартирографии, рассчитанной на одну небольшую группу переселения.

**Ключевые слова:** проект планировки территории, универсальная квартирография, Программа реновации жилищного фонда города Москвы, задача оптимизации, алгоритм перебора, параметры квартирографии, проектная общая площадь, проектная жилая площадь

**Для цитирования:** Гришутин И. Б., Минаков С. С., Пархоменко М. И., Каргашин М. Е. Разработка технологии для оптимизации параметров универсальной квартирографии // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 11. С. 50 – 55. doi: 10.33622/0869-7019.2022.11.50-55

### DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY TO OPTIMIZE THE PARAMETERS OF UNIVERSAL APARTMENTOGRAPHY

**Ilya B. GRISHUTIN**, i.grishutin@dev-city.ru

**Sergey S. MINAKOV**, s.minakov@dev-city.ru

**Mariya I. PARKHOMENKO**, parkhomenko@dev-city.ru

**Mikhail E. KARGASHIN**, m.kargashin@dev-city.ru

Research and Design Center "City Development", prospekt Mira, 19, str. 3, Moscow 129090, Russian Federation

**Abstract.** A technology has been developed to determine the optimal parameters of universal design apartmentography of buildings, which are intended for the resettlement of people under the Program of renovation of the housing stock of the city of Moscow. The process of determining the optimal universal apartmentography is presented as a solution to the optimization problem. An example of the use of the considered technology in determining the universal apartmentography of one-room apartments of the inhabited houses of the Metrogorodok district in Moscow is given. A universal apartmentography has been formed with optimal parameters for the housing stock of this territory to be resettled. The proposed technology makes it possible to automatically identify the theoretically optimal variant of project apartmentography, and also provides an opportunity to find this option among several possible ones by expert methods, taking into account the feasibility of design. In addition, this technology can be used not only to calculate the optimal universal apartmentography, but also to determine the parameters of individual apartmentography, designed for one small group of resettlement.

**Keywords:** territory planning project, universal apartmentography, Moscow City Housing Stock Renovation Program, optimization problem, search algorithm, apartmentography parameters, project total area, project living area

**For citation:** Grishutin I. B., Minakov S. S., Parkhomenko M. I., Kargashin M. E. Development of Technology to Optimize the Parameters of Universal Apartmentography. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2022, no. 11, pp. 50 – 55. (In Russ.). doi: 10.33622/0869-7019.2022.11.50-55

## Введение

Программа реновации жилищного фонда в городе Москве (далее — Программа реновации) — крупный городской проект сосредоточенного строительства, требующий организации эффективной системы управления и координации, в основе которой лежит системный подход, предусматривающий анализ проектов планировки территорий (ППТ) [1–4]. По Программе реновации утверждены 89 ППТ, которые включают в себя около 70 % переселяемых домов. Эти проекты предназначены для комплексного преобразования территории и являются основополагающими градостроительными документами, определяющими практически все аспекты реорганизации жилых кварталов, вошедших в Программу реновации [5, 6].

Одним из важных вопросов при реализации Программы реновации стал вопрос ее оптимизации как с временной, так и с финансовой точки зрения [7–9]. Кроме того, выявлено, что средний срок разработки архитектурно-планировочных решений (АПР) составляет до 6 мес, а полный срок проектирования — около года, включая получение заключения Московской государственной экспертизы (МГЭ). Это связано с тем, что проектирование производится индивидуально: для каждого конкретного многоквартирного жилого дома рассчитывается квартирография (набор квартир) для переселения одной «волны».

Отметим положительные аспекты применения универсальной квартирографии:

- сокращение сроков проектирования. По оценке экспертов, сроки могут быть сокращены приблизительно на 2 мес за счет использования проектной и рабочей документации повторного применения;
- повышение качества проектирования благодаря повторному

применению отработанных планировочных решений, что позволит минимизировать количество и вероятность возникновения ошибок как при проектировании, так и в строительном производстве, в том числе с применением BIM-технологий;

- повышение качества разрабатываемой сметной документации;
- создание предпосылок к использованию типовых планировочных решений и применению индустриальных конструктивных элементов, что позволит сократить сроки строительства до 3 мес [10].

## Задачи исследования

Универсальная квартирография, в отличие от индивидуальной, строится на основании всего массива домов, перечисленных в ППТ и подлежащих переселению. При ее разработке необходимо учитывать показатели общей и жилой площади, а также типизировать особенности всех переселяемых квартир. Однако в использовании универсальной квартирографии существуют и определенные недостатки, которые будут рассматриваться далее.

Индивидуальная квартирография определяется для отдельной группы домов ППТ, поэтому является всегда более точной с точки зрения использования площадей для переселения в возводимых домах.

Один из показателей эффективности проектных решений (проектная квартирография) домов, предназначенных для переселения, — коэффициент переселения. Он рассчитывается как отношение суммы площадей всех проектируемых квартир, используемых для заселения, к сумме площадей исходных (отсеяемых) квартир. Согласованным коэффициентом переселения считается коэффициент 1,3, при

котором учитываются все требования Программы реновации для качественного нового жилья, т. е., чем ниже коэффициент (ближе к согласованному значению) — тем эффективнее сделан проект дома [11, 12].

При проектировании домов по Программе реновации предусматривается больше жилых площадей, чем требуется непосредственно для переселения жителей. Резерв этих площадей используется для улучшения жилищных условий, а также для реализации на свободном рынке [13]. Именно за счет реализации на свободном рынке жилых площадей происходит частичное финансирование Программы — повышается ее экономическая эффективность.

При применении в проектировании универсальной квартирографии коэффициент переселения практически всегда имеет более высокое значение. Это приводит к относительно завышенному количеству требуемых площадей для переселения. Поэтому, при сохранении целевой площади квартир в новостройках, нужно сокращать площади резерва или увеличивать общую площадь квартир дома. К сожалению, и то и другое приводит к снижению экономической эффективности Программы реновации.

Замечено, что эффективность разработанного проекта сильно зависит от характеристик (параметров) проектной квартирографии, которые определяются сочетанием количества типов квартир (совокупность квартир с одними и теми же значениями жилой и общей площади), а также количеством квартир каждого типа. Самое главное в этом процессе — корректная типизация квартир на основании значений жилой и общей площади.

Цель исследования — разработка технологии определения наиболее оптимальных парамет-

ров проектной квартирографии, при которых достигаются максимальные значения экономической эффективности проектирования домов, возводимых по Программе реновации [14,15].

### Материалы и методы исследования

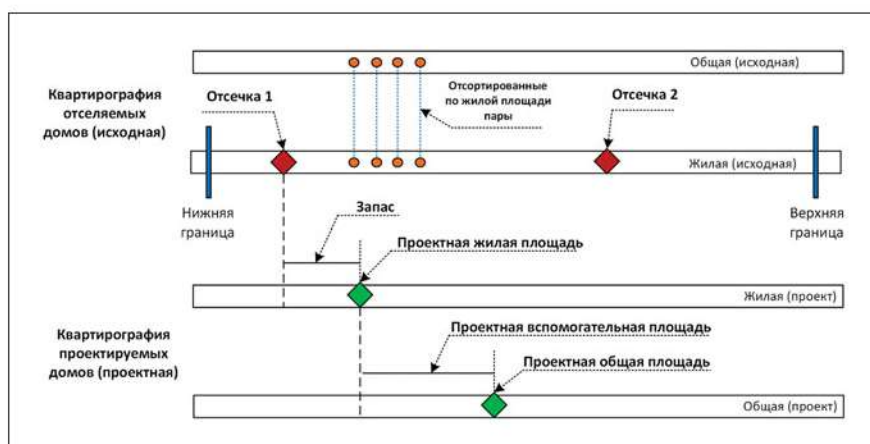
Авторы статьи подошли к решению данной проблемы как к нахождению решения задачи оптимизации. Каждая задача оптимизации имеет целевую функцию, максимальное или минимальное значение которой требуется найти. За целевую функцию в данном случае принимается суммарная общая площадь проектных квартир, необходимых для переселения исходных квартир отселяемых домов. Учитывая относительную ограниченность возможных значений параметров проектных квартир, было предложено использовать метод перебора для решения поставленной задачи.

Разработанная технология состоит из последовательности следующих операций:

- первичный анализ исходной квартирографии с целью выявления аномальных параметров (выбросов);
- вывод массива всех возможных вариантов параметров проектной квартирографии с помощью разработанного алгоритма метода перебора;
- экспертный выбор порогового значения суммарной общей площади проектных квартир;
- окончательное нахождение единственного оптимального значения параметров проектной квартирографии, при котором целевая функция приобретает минимальное значение.

В последнем действии обязательно учитываются требования к параметрам проектной квартирографии.

Рассмотрим каждую из перечисленных операций более под-



**Рис. 1. Схема алгоритма перебора вариантов проектной квартирографии**

робно. Для проведения перебора возможных вариантов проектной квартирографии был разработан следующий алгоритм (рис. 1).

Исходная квартирография сортируется по значениям жилой площади от меньших значений к большим. После определяются выбросы (квартиры с аномально большими значениями жилой площади), которые группируются в отдельный подмассив. Для квартир этого подмассива в дальнейшем формируется своя проектная квартирография. Также определяются значения нижней и верхней отсечек. Нижняя отсечка обычно равна минимальному значению жилой площади. С помощью верхней отсечки из общего массива выделяется подмассив выбросов. Далее отсортированный массив передается на вход алгоритма перебора вариантов.

Суть метода перебора заключается в циклическом, итерационном разбиении входного массива на подмассивы на основании значений отсечек. Всего применяется два цикла перебора. Первый цикл устанавливает значение первой отсечки. Ее значение задается параметрически в начале действия алгоритма. Это значение с определенным шагом проходит от установленного ранее

параметра до значения верхней границы.

Внутри первого цикла работает второй, вложенный цикл. В этом цикле, при остающемся статичном значении первой отсечки, пошагово изменяется значение второй отсечки.

На основании значений первой и второй отсечек и верхней границы (верхние границы подмассивов) формируются параметры проектной квартирографии. Для этого к значению верхних границ подмассивов прибавляются значения таких параметров, как запас (жилая площадь от потерь при строительстве), а также значение проектной вспомогательной площади. Общая площадь квартиры определяется как сумма жилой (площадь комнат) и вспомогательной площадей.

В результате перебора формируется полный массив возможных вариантов параметров проектной квартирографии, при дальнейшем анализе которого определяется оптимальное значение этих параметров. По каждому из вариантов рассчитывается суммарное значение проектной общей площади квартир.

### Результаты исследования

Приведем пример применения разработанной технологии к массиву исходной квартирогра-

## 1. Фрагмент выходного списка вариантов параметров проектной квартирографии

№ варианта	Отсечка 1, м <sup>2</sup>	1-й подмассив, количество квартир, шт.	Проектная площадь, м <sup>2</sup>		Отсечка 2, м <sup>2</sup>	2-й подмассив, количество квартир, шт.	Проектная площадь, м <sup>2</sup>		3-й подмассив, количество квартир, шт.	Проектная площадь, м <sup>2</sup>		Общая площадь (всего), м <sup>2</sup>
			жилая	общая			жилая	общая		жилая	общая	
62	18,5	179	20,5	39	21,5	835	23,5	42	8	23,9	42,4	42390,2
63	18,5	179	20,5	39	22	842	23,7	42,2	1	23,9	42,4	42555,8
64	19	444	21	39,5	19	0	21,0	39,5	578	23,9	42,4	42045,2
65	19	444	21	39,5	19,5	222	21,5	40	356	23,9	42,4	41512,4
66	19	444	21	39,5	20	369	22,0	40,5	209	23,9	42,4	41344,1
67	19	444	21	39,5	20,5	550	22,5	41	28	23,9	42,4	41275,2
68	19	444	21	39,5	21	554	22,7	41,2	24	23,9	42,4	41380,4
69	19	444	21	39,5	21,5	570	23,5	42	8	23,9	42,4	41817,2
70	19	444	21	39,5	22	577	23,7	42,2	1	23,9	42,4	41929,8
71	19,5	666	21,5	40	19,5	0	21,5	40	356	23,9	42,4	41734,4
72	19,5	666	21,5	40	20	147	22,0	40,5	209	23,9	42,4	41455,1
73	19,5	666	21,5	40	20,5	328	22,5	41	28	23,9	42,4	41275,2
74	19,5	666	21,5	40	21	332	22,7	41,2	24	23,9	42,4	41336
75	19,5	666	21,5	40	21,5	348	23,5	42	8	23,9	42,4	41595,2
76	19,5	666	21,5	40	22	355	23,7	42,2	1	23,9	42,4	41663,4
77	20	813	22	40,5	20	0	22,0	40,5	209	23,9	42,4	41788,1

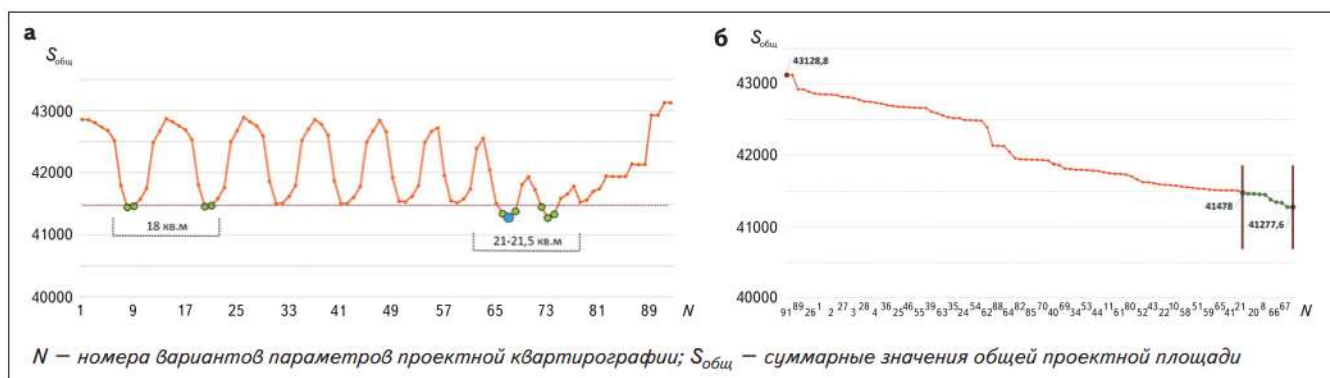


Рис. 2. Диаграммы вариантов значений (а) и изменения значений (б) проектной общей площади

фии однокомнатных отселяемых квартир домов ППТ кварталов района Метрогородок в Москве. На рис. 2а приведена линейная диаграмма значений проектной общей площади всех полученных вариантов.

На ней видна цикличность значений проектной общей площади, которые меняются в соответствии с работой циклов алгоритма перебора (пунктирной линией

отмечено ее пороговое значение). Все значения проектной общей площади, ниже порогового, потенциально могут быть решением задачи оптимизации (на диаграмме помечены светло-зелеными метками). Синей меткой обозначено значение глобально-го минимума целевой функции. Характерно, что все эти потенциальные значения определяются при значениях проектной жилой

площади для первого типа или равной 18 м<sup>2</sup> либо для проектной жилой площади, находящейся в промежутке от 21 до 21,5 м<sup>2</sup>. Это и есть возможные оптимальные значения проектной жилой площади.

На диаграмме (рис. 2б) представлено изменение проектной общей площади по всем рассчитанным вариантам параметров проектной квартирографии от

**2. Оптимальные значения проектной квартирографии по однокомнатным квартирам**

Тип квартирографии	Проектная жилая площадь, м <sup>2</sup>	Проектная общая площадь, м <sup>2</sup>
1.1	21	39,5
1.2	22,5	41
1.3	23,9	42,4

максимальных ее значений до минимальных. Максимальное значение равно 43 128,8 м<sup>2</sup>, минимальное – 41 277,6 м<sup>2</sup>. Разница между ними – 1 851,2 м<sup>2</sup>. Темно-красными вертикальными линиями на диаграмме отмечены экспертные значения оптимальной проектной общей площади. Максимальное значение оптимального диапазона равно 41 478 м<sup>2</sup>, что соответствует варианту № 21. Минимальное значение – точка решения задачи оптимизации – 41 277,6 м<sup>2</sup> (вариант № 67).

На выходе разработанного специального программного средства выводится список всех вариантов со значениями параметров проектной квартирографии. Пример выходной формы представлен в *табл. 1*.

На фрагменте выходной таблицы оптимальному значению суммарной проектной общей площади соответствуют два ва-

рианта – № 67 и № 73 (выделены цветом). Для выбора единственного варианта необходимо рассмотреть проектные значения жилой площади у первого и второго типов проектной квартирографии. Так, у варианта № 73 разница между проектными площадями первого и второго типов всего 1 м (значения помечены красным цветом). С точки зрения проектирования такие значения не желательны. У варианта № 67 эти значения приемлемые (выделены полужирным шрифтом). Таким образом, задача оптимизации суммарной общей проектной площади решена и найдены оптимальные значения параметров проектной квартирографии (*табл. 2*).

**Выводы**

1. Проведенные исследования показали, что разработанная технология позволяет автоматически установить теоретически

оптимальный вариант проектной квартирографии, а также при помощи экспертных методов найти этот вариант среди нескольких возможных с учетом целесообразности проектирования.

2. Рассмотренную технологию можно с успехом использовать не только для расчета оптимальной универсальной квартирографии, но и для определения параметров индивидуальной квартирографии, рассчитанной на одну небольшую группу переселения.

3. Предложенная технология позволяет определять оптимальные значения как для трехчастной квартирографии (из трех типов квартир), так и для двухчастной (из двух типов квартир). Замечено, что трехчастная квартирография оптимальнее двухчастной. Например, если оптимальное значение суммарной проектной общей площади квартир для трехчастной квартирографии равно 41 277,6 м<sup>2</sup>, то для двухчастной – 41 734,4 м<sup>2</sup>. Разница между ними составляет 456,8 м<sup>2</sup>, или, исходя из стоимости квадратного метра, более 115 млн р. Однако выбор между использованием двухчастной или трехчастной квартирографии должен быть выполнен с учетом исходного массива и процесса проектирования.

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Киевский И. Л. Управление и координация крупномасштабными проектами рассредоточенного строительства в городе Москве на примере Программы реновации // Реновация. Крупномасштабный городской проект рассредоточенного строительства: монография о научно-методических подходах и начале реализации программы / под ред. И. Л. Киевского. М.: Русская школа, 2018. С. 11–33.
2. Киевский И. Л., Арсеньев С. В., Леонов В. В. [и др.]. Применение методов сетевого планирования и управления при реализации программы реновации. Там же. С. 130–154.
3. Киевский И. Л. Развитие сетевого планирования строительства Москвы. // Развитие города: сб. науч. тр. 2006–2014 гг. / под ред. Л. В. Киевского. М.: СвР-АРГУС, 2014. С. 11–27.
4. Киевский И. Л., Каргашин М. Е. Реновация по кварталам (методические вопросы) // Жилищное строительство. 2018. № 4. С. 15–25.
5. Замахина Д. В., Пархоменко М. И. Применение методов календарного планирования для контроля реализации проектов планировки территорий реновации // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 11. С. 56–62. doi: 10.33622/0869-7019.2020.11.56-62
6. Киевский И. Л., Семенов С. А., Гришутин И. Б., Минаков С. С. Методы сетевого планирования и управления при реализации проектов планировки территорий // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 8. С. 49–54. doi: 10.33622/0869-7019.2019.08.49-54
7. Арсеньев С. В., Киевская Р. Л. Организационно-

экономическая модель реновации с учетом разработки проектов планировки. Там же. С. 44–48. doi: 10.33622/0869-7019.2019.08.44-48

8. Дидковская О. В. Реализация методов строительного стоимостного инжиниринга в управлении стоимостью материальных ресурсов // Экономические аспекты управления строительным комплексом в современных условиях : сб. статей. Самара : СГАСУ, 2015. С. 201–208.
9. Киевский Л. В., Каргашин М. Е., Пархоменко М. И., Сергеева А. А. Организационно-экономическая модель реновации // Жилищное строительство. 2018. № 3. С. 47–55.
10. Бочаров А. Ю., Мамаева О. А., Сердюк М. В. Особенности и проблемы применения типовой проектной документации // Градостроительство и архитектура. 2016. № 4 (25). С. 5–12.
11. Киевский Л. В. Математическая модель реновации // Жилищное строительство. 2018. № 1-2. С. 3–7.
12. Гришутин И. Б., Игнатьев А. Л., Минаков С. С. Механизмы и мониторинг реализации хода переселения

в рамках программы реновации // Реновация. Крупномасштабный городской проект расселенного строительства: монография о научно-методических подходах и начале реализации программы / под ред. И. Л. Киевского. М. : Русская школа, 2018. С. 104–113.

13. Гришутин И. Б., Минаков С. С., Кротова Д. А. Методы типизации характеристик квартир в жилых домах // Промышленное и гражданское строительство. 2021. № 11. С. 36–40. doi: 10.33622/0869-7019.2021.11.36-40
14. Малыха Г. Г., Синенко С. А., Вайнштейн М. С., Куликова Е. Н. Моделирование структур данных: реквизиты информационных объектов в строительном моделировании // Вестник МГСУ. 2012. № 4. С. 226–230.
15. Семенов С. А., Гришутин И. Б., Минаков С. С. Базы данных и алгоритмы для расчета и планирования переселения жителей по программе реновации // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 8. С. 67–71. doi: 10.33622/0869-7019.2019.08.67-71

#### REFERENCES

1. Kievskiy I. L. Management and coordination of large-scale dispersed construction projects in the city of Moscow on the example of a Renovation Program. *Renovation. Large-scale urban dispersed construction project*. Moscow, Russkaya shkola Publ., 2018, pp. 11–33. (In Russ.)
2. Kievskiy I. L., Arsen'ev S. V., Leonov V. V. et al. Application of network planning and management methods in the implementation of the renovation program. *Ibid*, pp. 130–154. (In Russ.)
3. Kievskiy L. V. Development of network planning for the construction of Moscow. *Razvitie goroda. Sb. nauch. tr. 2006–2014 gg.* [City Development. Collection of scientific works 2006–2014]. Moscow, SvR-ARGUS Publ., 2014, pp. 11–27. (In Russ.)
4. Kievskiy L. V., Kargashin M. E. Renovation by quarters (methodological issues). *Zhilishchnoe stroitel'stvo*, 2018, no. 4, pp. 15–25. (In Russ.)
5. Zamahina D. V., Parkhomenko M. I. Application of calendar planning methods for monitoring the implementation of planning projects of renovation territories. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2020, no. 11, pp. 56–62. (In Russ.) doi: 10.33622/0869-7019.2020.11.56-62
6. Kievskiy I. L., Semenov S. A., Grishutin I. B., Minakov S. S. Methods of network planning and management when implementing territory planning projects. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2019, no. 8, pp. 49–54. (In Russ.) doi: 10.33622/0869-7019.2019.08.49-54
7. Arsen'ev S. V., Kievskaya R. L. Organizational and economic model of renovation with due regard for the development of territory planning projects. *Ibid*, pp. 44–48. (In Russ.) doi: 10.33622/0869-7019.2019.08.44-48
8. Didkovskaya O. V. Implementation of methods of construction cost engineering in the management of the cost of material resources. *Ekonomicheskie aspekty upravleniya stroitel'nym kompleksom v sovremennykh usloviyakh. Sb. statey* [Economic aspects of building complex management in modern conditions]. Samara, SGASU Publ., 2015, pp. 201–208. (In Russ.)
9. Kievskiy L. V., Kargashin M. E., Parkhomenko M. I., Sergeeva A. A. Organizational and economic model of renovation. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*, 2018, no. 3, pp. 47–55. (In Russ.)
10. Bocharov A. Yu., Mamaeva O. A., Serdyuk M. V. Features and problems of application of standard project documentation. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura*, 2016, no. 4 (25), pp. 5–12. (In Russ.)
11. Kievskiy L. V. Mathematical model of renovation. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*, 2018, no. 1-2, pp. 3–7. (In Russ.)
12. Grishutin I. B., Ignat'ev A. L., Minakov S. S. Mechanisms and monitoring of the implementation of the resettlement process within the framework of the renovation program. *Renovation. Large-scale urban dispersed construction project*. Moscow, Russkaya shkola Publ., 2018, pp. 104–113. (In Russ.)
13. Grishutin I. B., Minakov S. S., Krotova D. A. Methods of typification of apartment characteristics in residential buildings. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2021, no. 11, pp. 36–40. (In Russ.) doi: 10.33622/0869-7019.2021.11.36-40
14. Malyha G. G., Sinenko S. A., Vajnshtejn M. S., Modeling of data structures: details of information objects in construction modeling. *Vestnik MGSU*, 2012, no. 4, pp. 226–230. (In Russ.)
15. Semenov S. A., Grishutin I. B., Minakov S. S. Databases and algorithms for the calculation and planning of resettlement of residents under the renovation program. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2019, no. 8, pp. 67–71. (In Russ.) doi: 10.33622/0869-7019.2019.08.67-71