

Применение теории графов для субъективной оценки логистической комфортности планировочных решений в жилых помещениях

С.Г. Парфенов¹, М.П. Бражников², А.В. Алексейцев², Е.С. Анускина²

¹Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск

²Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва

Аннотация: Обеспечение населения комфортным жильем всегда было актуальной проблемой. Однако формализованных критериев для этого кроме регламентирования минимальных площадей помещений очень мало. В связи с этим, в статье рассматривается вопрос оценки эффективности планировочных решений жилых помещений с точки зрения их логистической комфортности. С этой целью предлагается метод, использующий аппарат теории графов и позволяющий вычислить затраты времени на «холостой» ход для представителя той или иной социальной группы применительно к оцениваемому планировочному решению. Холостым ходом считается перемещение пользователя между характерными функциональными зонами планировки. Для моделирования связей между этими зонами используется специальная матрица, построение которой аналогично формированию матрицы инцидентности в неориентированных графах. В качестве примера, иллюстрирующего работоспособность предлагаемого подхода, рассматривается несколько вариантов планировок однокомнатных, двухкомнатных и трехкомнатных квартир. Сравнение полученных результатов времени для планировочных решений различных типов в том числе существовавших 15-20 лет назад и современных, указывает на тенденцию к увеличению логистической комфортности современных планировок.

Ключевые слова: планировочное решение, логистическая комфортность, «холостой» ход, теория графов.

Введение

На сегодняшний день перед строительной отраслью стоит задача обеспечить потребности населения в комфортном жилье. Одним из главных этапов выполнения такой задачи является разработка рационального архитектурно-строительных решения. На сегодняшний день свобода разработки планировочного решения ограничивается рядом факторов: размеры и конструктивная система проектируемого здания, число и комнатность квартир, требования технических регламентов и др. Немалое место в этом процессе отводится и профессиональным творческим качествам проектировщика, который должен, перебирая различные варианты компоновки жилых помещений, в некотором смысле, интуитивно выбрать

лучшее. Возникает потребность в разработке вспомогательных методов, способных формализовать процесс разработки комфортного планировочного решения.

В результате анализа различных источников [1–3] обобщены характерные тенденции формирования практических и логистически комфортных планировочных решений, актуальных в настоящее время:

1. Стремление к гармоничному соотношению сторон жилого помещения, представляющего в плане квадрат или близкий к нему прямоугольник.

2. Разделение жилого помещения на дневную/общественную/гостевую (кухня, столовая, гостиная) и ночную/интимную/жилую (спальня, детская, кабинет), размещённые в разных частях квартиры.

3. Наличие в дневной и ночной зоне не менее одного санузла.

4. Компоновка зоны сна (спальня), гигиены (санузел) и хранения (гардеробная) в виде одного блока в приватной зоне.

5. Компоновка зоны приготовления, приёма пищи и общения в виде одного блока в гостевой зоне.

6. Увеличение полезной площади жилого помещения за счёт минимизации площади коммуникационной зоны в виде коридора.

7. Расположение гостиной на одной оси с входной дверью.

Метод

Для численного подтверждения вышеперечисленных тенденций разработан метод оценки логистической комфортности планировочных решений жилых помещений путём расчёта затрат времени на «холостой» ход, с помощью аппарата теории графов и элементов эвристических алгоритмов [4–6]. Под понятием «холостой» ход понимается перемещение

человека между функциональными зонами для осуществления бытовых процессов.

В современном жилом помещении принято выделять следующие основные функциональные зоны, определённые требованиями к обеспечению комфорта проживания [7,8]:

1. Зона сна, индивидуальная комната (спальня, детская, личная комната);
2. Зона отдыха и семейного общения (общая комната, гостиная);
3. Зона личной гигиены (санузел, ванная комната, туалет);
4. Зона приготовления пищи (кухня, кухня-столовая);
5. Зона приёма пищи (кухня, кухня-столовая);
6. Зона хранения (гардеробная, кладовая, подсобное помещение, встроенные шкафы);
7. Рабочая или учебная зона (кабинет, рабочее место);
8. Коммуникационная зона (прихожая, передняя, шлюз, коридор).

В общем виде алгоритм оценки логистической комфортности планировочного решения включает в себя следующие этапы:

1. Установление местоположения полюсов функциональных зон и траектории движения «холостого» хода и построение неориентированного графа;
 2. Определение расстояний между полюсами функциональных зон по траектории движения «холостого» хода и построение взвешенного графа;
 3. Составление весовой матрицы смежности, содержащей значения расстояний между полюсами;
 4. Вычисление времени «холостого» хода для выбранных социальных групп и планировочного решения.
-

5. Анализ результатов полученных значений затрат времени на «холостой» ход для выбранных социальных групп и планировочных решений.

Задача первого этапа заключается в графическом определении местоположения полюсов функциональных зон в помещениях и траектории движения «холостого» хода. В качестве функциональных полюсов выступают точки, соответствующие местам с наиболее частым и продолжительным времяпрепровождением человека. На основании этого планировочная структура выстраивается в виде неориентированного графа, вершинами которого являются полюса, а рёбрами – порядок их взаимосвязи, которая определяется по принципу наикратчайшего расстояния [9, 10]. Для упрощения построения графа и дальнейшего определения расстояния между полюсами допускается введение вспомогательных вершин, являющихся точками пересечения траекторий движения.

На втором этапе графически определяются расстояния, соответствующие траектории перемещения между функциональными зонами, и отображаются в полученном взвешенном графе.

На третьем этапе алгоритма, с целью выполнения дальнейших расчётов, построенный взвешенный граф преобразуется в весовую матрицу, количество строк и столбцов которой совпадает с количеством вершин. Взаимосвязь между вершинами в такой матрице передается наличием значения расстояния на их пересечении. Одним из важных свойств матрицы, построенной на основе неориентированного графа, является попарная ортогональность столбцов и строк.

Четвёртый этап алгоритма заключается в вычислении значения времени «холостого» хода T^j , ч, для выбранной социальной группы и планировочного решения по формуле:

$$T^j = L^j \div V^j \div 3600 \cdot 365, \quad (1)$$

где L^j – расстояние «холостого» хода для выбранной социальной группы и планировочного решения, м; V^j – средняя скорость «холостого» хода, м/с.

Поскольку составление весовых производится без учёта направления движения между функциональными зонами, то расстояние «холостого» хода L^j определяется как половина суммы значений, полученной в результате перемножения матрицы расстояний $[L]^j$ и матрицы количества перемещений $[N]^j$ по формуле:

$$L^j = \frac{\sum([L]^i \cdot [N]^j)}{2}, \quad (2)$$

где $[L]^j$ – матрица смежности взвешенного графа планировочного решения со значениями расстояний между полюсами функциональных зон; $[N]^j$ – матрица смежности со значениями перемещений между полюсами функциональных зон.

Матрица $[N]^j$ составляется индивидуально для тех или иных представителей социальных групп, характеризующейся полом, возрастом, образом жизни и т.д.

В зависимости от поставленной задачи оценки логистической комфортности полученные значения затрат времени на «холостой» ход для представителя выбранной социальной группы могут сравниваться как для равных, так и для разных по площади и количеству комнат жилых помещений. В результате логистически комфортным является помещение с наименьшим временем «холостого» хода в рамках выбранной социальной группы и площади планировочного решения.

Результаты исследования

Для оценки логистической комфортности в работе выполнен сравнительный анализ значений затрат времени «холостого» хода за год для представителя трёх условно принятых социальных групп населения,

проживающих в 1-, 2-, 3-комнатных квартирах устаревшего и современного планировочных решений:

- работающие, 1-я социальная группа, (возраст до 35 лет);
- домохозяйки, 2-я социальная группа, (возраст до 35 лет);
- пенсионеры, 3-я социальная группа, (возраст от 60 и выше).

В таблице 1 для каждой социальной группы представлены весовые матрицы смежности, аналогичные матрицам инциденции, известными из теории графов, со значениями количества ходов и значения скорости «холостого» хода, принятые по результатам наблюдений и измерений.

Таблица

Матрицы количества перемещений для выбранных социальных групп и соответствующие им скорости «холостого» хода

№ зоны	1-я социальная группа								2-я социальная группа								3-я социальная группа							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0
2	0	0	2	8	0	2	5	0	0	0	2	7	1	2	4	0	0	0	2	8	0	2	5	0
3	2	2	0	5	0	2	0	4	2	2	0	1	1	4	1	3	2	2	0	5	0	2	0	4
4	3	8	5	0	4	3	0	0	1	7	1	0	3	1	1	0	3	8	5	0	4	3	0	0
5	0	0	0	4	0	0	1	0	1	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0
6	0	2	2	3	0	0	0	0	0	2	4	1	0	0	0	1	0	2	2	3	0	0	0	0
7	0	5	0	0	1	0	0	0	0	4	1	1	0	0	0	0	0	5	0	0	1	0	0	0
8	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
V^j	1,6								1,5								1,1							

Планировочные решения 1-, 2-, 3-комнатных квартир различных планировочных решений представлены на рисунках 1-3. Результаты расчёта времени «холостого» хода, полученные в соответствии с формулами (1) и (2), показаны в диаграмме на рисунке 4.

Сравнение полученных значений позволяет сделать вывод, что улучшенные планировочные решения (№ 2) 1-, 2- и 3-комнатных квартир позволяют экономить:

- для 1-й социальной группы 2,5, ... и 6,5 ч в год, соответственно;
- для 2-й социальной группы 1,2, ... и 8,4 ч в год, соответственно;
- для 3-й социальной группы 2,7, ... и 9,1 ч в год, соответственно.

№ 1

№ 2

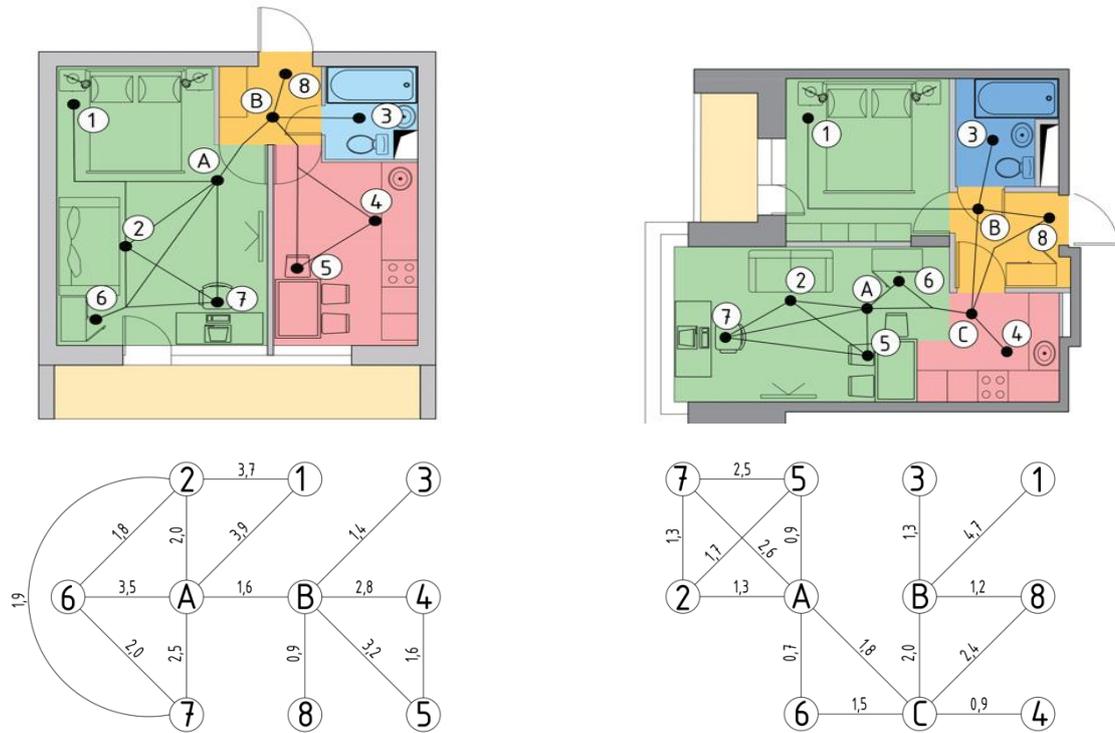
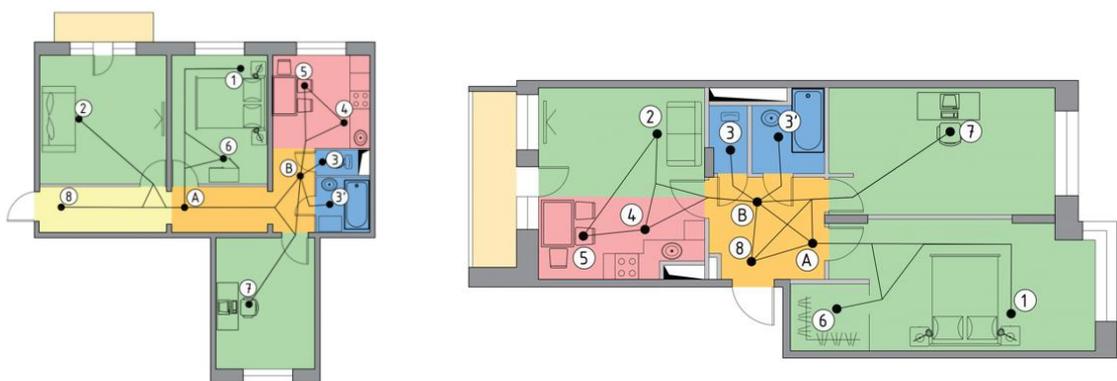


Рис. 1. Планировочные решения 1-комнатной квартиры $S_{\text{общ}} \sim 34 \text{ м}^2$ № 1 и № 2 и соответствующие им взвешенные графы № 1 № 2



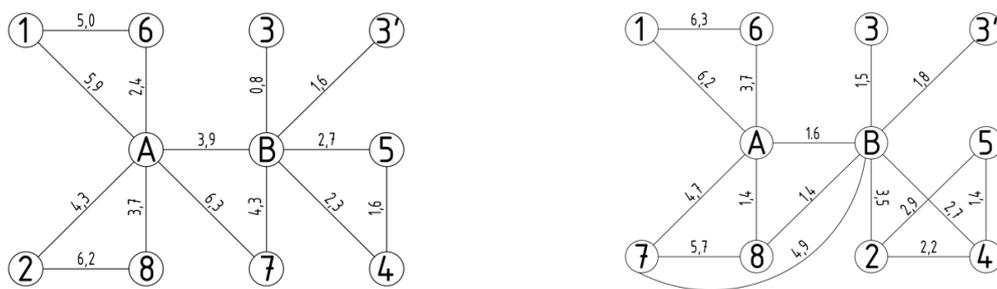


Рис. 2. Планировочные решения 2-комнатной квартиры $S_{\text{общ}} \sim 50 \text{ м}^2$

№ 1 и № 2 и соответствующие им взвешенные графы

№ 1

№ 2

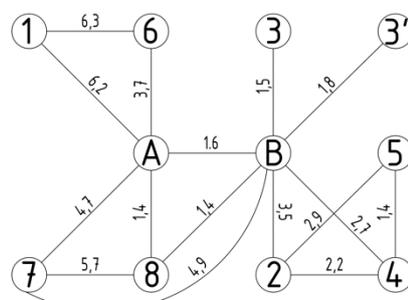
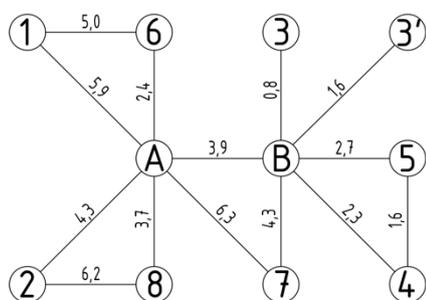
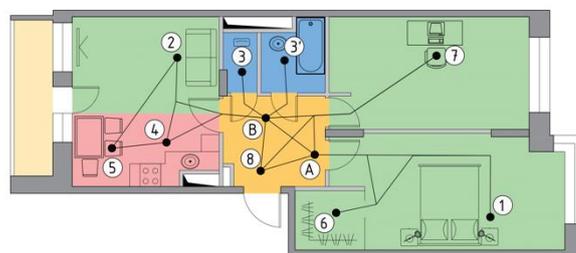
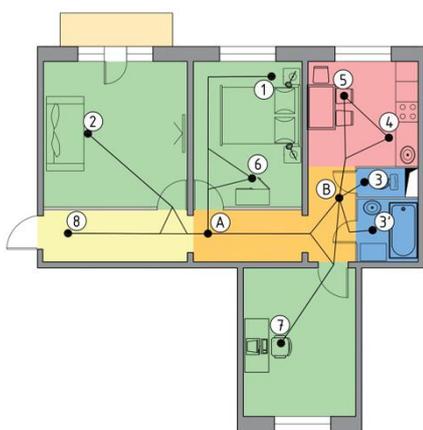


Рис. 3. Планировочные решения 3-комнатной квартиры $S_{\text{общ}} \sim 64 \text{ м}^2$

№ 1 и № 2 и соответствующие им взвешенные графы

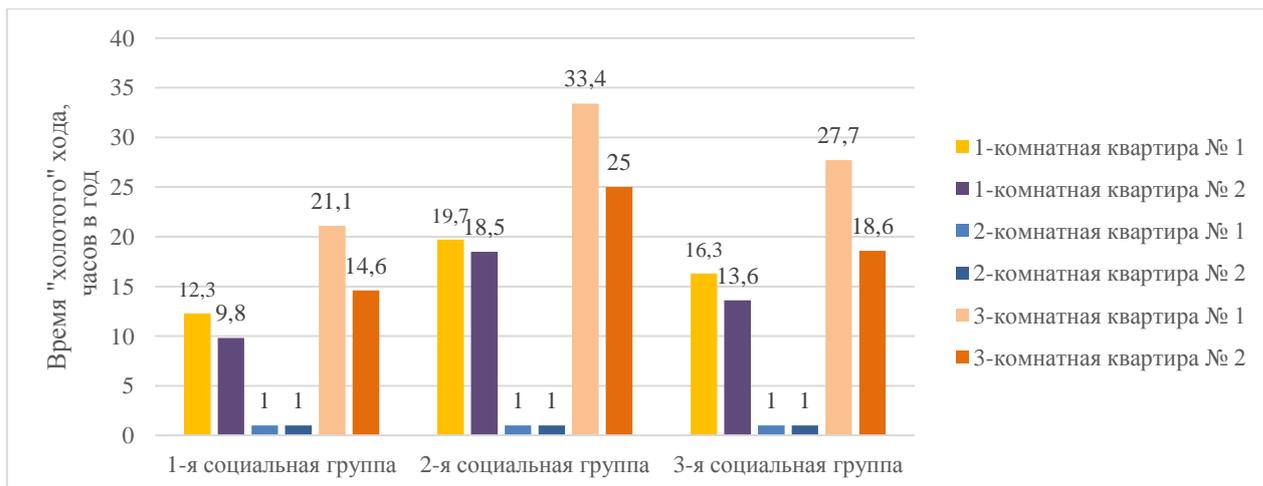


Рис. 4. Распределение затрат времени на «холостой» ход

В качестве перспективы развития настоящих исследований можно отметить, что предложенный подход целесообразно развивать и адаптировать для автоматизированной компоновки функциональных зон и формирования планировок на фиксированном (не изменяющем своей структуры) графе для отдельных квартир. Это представляется достижимым с использованием современных эвристических поисковых методов [11-13] и технологий искусственного интеллекта [14].

Вывод

Таким образом, разработанный метод оценки логистической комфортности жилых помещений позволяет в некотором приближении к реальным значениям рассчитать затраты времени на «холостой» ход в рамках выбранной социальной группы и планировочного решения. Полученные результаты практической части исследования указывают на значительное снижение значений времени «холостого» хода при сравнении устаревших и современных планировочных решений 1-, 2 и 3- комнатных квартир, что подтверждает современные тенденции по созданию комфортного жилья. С практической точки зрения разработанный метод может послужить дополнительным инструментом для выбора наиболее логистически

комфортного планировочного решения для того или иного представителя социальной группы.

Литература

1. Andrews, F.; Tucker, R.; Johnson, L.; Palmer, J. Best Practice Design and Planning Guidelines for Family-Friendly Apartments. *Urban Policy and Research* 2023, 41. doi:10.1080/08111146.2022.2146669.
2. Keskiniva, K.; Saari, A.; Junnonen, J.M. Takt Planning in Apartment Building Renovation Projects. *Buildings* 2020, 10. doi:10.3390/buildings10120226.
3. Kim, M.K.; Kim, E.J. Apartment Space Planning Directions for Infectious Disease Prevention and Management: Insights Based on Residents' Experiences. *Buildings* 2023, 13, doi:10.3390/buildings13092203.
4. Sung, W.; Jeong, Y. Site Planning Automation of Apartment Complex through Grid-Based Calculation in Grasshopper. *Autom Constr* 2022, 138, doi:10.1016/j.autcon.2022.104216.
5. Lee, S.; Lee, K.S. Optimization of Apartment-Complex Layout Planning for Daylight Accessibility in a High-Density City with a Temperate Climate. *Energies (Basel)* 2020, 13, doi:10.3390/en13164172.
6. Paulino, D.M.S.; Ligler, H.; Napolitano, R. A Grammar-Based Approach for Generating Spatial Layout Solutions for the Adaptive Reuse of Sobrado Buildings. *Buildings* 2023, 13, doi:10.3390/buildings13030722.
7. Jeong, Y.H.; Kwon, Y.S. A Study on the Performance-Based Apartment Planning Methodology Using Parametric Design Techniques and Genetic Algorithm-Focusing on the Sunlight Optimization-. *Journal of the Architectural Institute of Korea* 2021, 37, doi:10.5659/JAIK.2021.37.12.23.
8. Kim, M.; Kim, J.; Kim, E. Development and Assessment for Application of Apartment Planning Elements for the Elderly in Terms of Disaster

Safety. Korean Journal of Human Ecology 2022, 31, doi:10.5934/kjhe.2022.31.6.823.

9. Roesdiana, T. Structural planning of a 10 floor apartment building with the concept of building information modeling (bim). Jurnal Konstruksi dan Infrastruktur 2023, 11, doi:10.33603/jki.v11i1.8094.

10. Seong, Y.B.; Kim, Y.Y.; Seok, H.T.; Choi, J.M.; Yeo, M.S.; Kim, K.W. Automatic Computation for Optimum Height Planning of Apartment Buildings to Improve Solar Access. Solar Energy 2011, 85, doi:10.1016/j.solener.2010.10.007.

11. Alekseytsev A.V. Ensuring the safety of steel moment frames subjected to uncertain impacts Buildings. 2023. Т. 13. № 8. С. 2038. doi.org/10.3390/buildings13082038

12. Серпик И.Н., Алексейцев А.В., Левкович Ф.Н., Тютюнников А.И. Структурно-параметрическая оптимизация стержневых металлических конструкций на основе эволюционного моделирования. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2005. № 8 (560). С. 16-24.

13. Курченко Н.С., Алексейцев А.В. Эволюционная модель поиска рационального распределения ресурсов при ограничении продолжительности строительства // Наука и бизнес: пути развития. - 2017. - №4 (70). - С. 19-23.

14. Курченко Н.С., Алексейцев А.В. Идентификация силовых воздействий на несущую систему с использованием нейросетевых технологий. Инженерный вестник Дона. 2023. № 9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8656.

References

1. Andrews, F.; Tucker, R.; Johnson, L.; Palmer, J. Urban Policy and Research 2023, 41, doi:10.1080/08111146.2022.2146669.



2. Keskiniva, K.; Saari, A.; Junnonen, J.M. Buildings 2020, 10, doi:10.3390/buildings10120226.
3. Kim, M.K.; Kim, E.J. Buildings 2023, 13, doi:10.3390/buildings13092203.
4. Sung, W.; Jeong, Y. Autom Constr 2022, 138, doi:10.1016/j.autcon.2022.104216.
5. Lee, S.; Lee, K.S. Energies (Basel) 2020, 13, doi:10.3390/en13164172.
6. Paulino, D.M.S.; Ligler, H.; Napolitano, R. A Buildings 2023, 13, doi:10.3390/buildings13030722.
7. Jeong, Y.H.; Kwon, Y.S. Journal of the Architectural Institute of Korea 2021, 37, doi:10.5659/JAIK.2021.37.12.23.
8. Kim, M.; Kim, J.; Kim, E. Korean Journal of Human Ecology 2022, 31, doi:10.5934/kjhe.2022.31.6.823.
9. Roesdiana, T. Jurnal Konstruksi dan Infrastruktur 2023, 11, doi:10.33603/jki.v11i1.8094.
10. Seong, Y.B.; Kim, Y.Y.; Seok, H.T.; Choi, J.M.; Yeo, M.S.; Kim, K.W. Solar Energy 2011, 85, doi:10.1016/j.solener.2010.10.007.
11. Alekseytsev A.V. Buildings. 2023. T. 13. № 8. С. 2038. doi.org/10.3390/buildings13082038.
12. Serpik I.N., Alekseytsev A.V., Levkovich F.N., Tyutyunnikov A.I. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo. 2005. № 8 (560). pp. 16-24.
13. Kurchenko N.S., Alekseytsev A.V. Nauka i biznes: puti razvitiya. 2017. - №4 (70). pp. 19-23.
14. Kurchenko N.S., Alekseytsev A.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. № 9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8656.

Дата поступления: 9.06.2024

Дата публикации: 10.08.2024