

## Методы комбинаторно-поискового моделирования для достижения показателей устойчивости в архитектуре многофункциональных жилых комплексов

*В.М. Богданов, А.В. Скопинцев*

*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** Рассматривается архитектура многофункциональных жилых комплексов (МФЖК) в аспекте «устойчивости» к внешним факторам и воздействиям. Выделяются четыре уровня формообразования МФЖК: уровень градостроительной структуры; уровень объемно-пространственной организации; уровень функциональной и архитектурно-планировочной структуры; уровень композиционной организации и поиска выразительного облика МФЖК. На каждом из выделенных уровней достигаются «целевые» показатели «устойчивой архитектуры». Процесс формообразования МФЖК рассматривается как последовательность комбинаторно-поисковых этапов и процедур на основе моделирования геометрических параметров визуальной модели МФЖК с целью максимального приближения к «показателю устойчивости». Предлагается четыре метода комбинаторно-поискового моделирования: метод «наложения» планировочных каркасов; метод «трассирования» формообразующего контура; метод «коллажирования» функционально-планировочных элементов; метод комбинирования «регулярных сеток» в общественно-деловой и жилой части МФЖК. Для интенсификации комбинаторно-поисковых процедур предлагается применять технологии цифрового проектирования.

**Ключевые слова:** многофункциональные жилые комплексы, устойчивая архитектура, комбинаторно-поисковое моделирование, методы, процедуры.

Современные многофункциональные жилые комплексы (МФЖК) относятся к сложным архитектурно-средовым объектам, включающим в себя различные по назначению функциональные блоки и группы помещений: жилые, общественные, коммерческие и административные учреждения, офисно-деловые этажи, уровни хранения автомобилей, открытые и закрытые пространства, объединенные единым композиционно-планировочным и функционально-пространственным решением [1, 2].

Изначальный «конфликт» составляющих компонентов МФЖК делает актуальным применение понятий «устойчивое развитие» и «устойчивая архитектура» [3]. В современных исследованиях под данными определениями понимается обеспечение оптимальных эксплуатационных характеристик здания на всех жизненных циклах его существования,

включая энергоэффективность и энергосбережение, безотходные технологии и т.д. [4, 5]. В то же время в теориях проектирования и архитектурного формообразования понятие «устойчивости» сравнивается с «упругостью» экосистемы, и понимается как способность архитектуры гибко реагировать на внешние и внутренние факторы и обстоятельства [3, 6, 7]. Таким образом, свойства «гибкости», «упругости», «безконфликтности» могут относиться не только к экологическим, но и к антропогенным системам, что дает основание применить их к методам проектирования МФЖК как «устойчивого» архитектурно-средового объекта.

В данном аспекте можно выявить несколько «рейтинговых» или «целевых показателей» устойчивой архитектуры МФЖК, такие как:

1. «Бесконфликтное» расположение МФЖК в прилегающем к участку архитектурном и градостроительном контексте;
2. Развитость инфраструктуры участка, принадлежащего МФЖК;
3. Рациональное функциональное зонирование и эффективное использование участка;
4. Качество среды МФЖК, интеграция с природой;
5. Устойчивые сообщества МФЖК; удобство социального взаимодействия жильцов;
6. «Бесконфликтность» жилых, общественных и коммерческих функций МФЖК; и другие показатели.

Перечисленные показатели могут достигаться на разных этапах проектирования объекта, что позволяет создать теоретическую модель формообразования МФЖК на основе факторов устойчивого развития. Данная модель включает следующие уровни формообразования МФЖК: а) уровень градостроительной структуры; б) уровень объемно-пространственной организации; в) уровень функциональной и архитектурно-планировочной

---

структуры; г) уровень визуальной организации и поиска выразительного облика МФЖК.

На уровне «градостроительной структуры» формируются такие показатели «устойчивости» архитектуры МФЖК – как:

1) соответствие «градостроительной формы» МФЖК, ее композиционных осей и основных направлений развития – планировочной и градостроительной структуре окружающего контекста и линиям застройки соседних кварталов;

2) оптимальная ориентация основных объемов и формы генплана МФЖК по отношению к главным точкам восприятия и образования завершенных городских панорам;

3) компактность и плотность «градостроительной формы» МФЖК в границах отведенного участка с учетом действующих регламентов и допустимого процента застройки;

4) разнообразие формообразующих линий застройки МФЖК с учетом качества открытых пространств и удобного зонирования территории для жилой и общественно-деловой части;

5) удобство въездов, внутренних проездов и подъездов к входным группам МФЖК с учетом транспортных потоков для жилой, общественно-деловой и технологической (инженерно-технической) зон МФЖК.

Для достижения данных «показателей устойчивости» визуальная модель МФЖК может изменяться по ряду «геометрических параметров», таких как: а) система планировочных осей; б) конфигурация формообразующих линий; в) ориентация застройки; г) планировочный и композиционный «каркас»; д) градостроительный и планировочный модуль застройки и др.

На уровне «объемно-пространственной организации» достигаются такие показатели «устойчивости» архитектуры МФЖК, как:

---

- рациональное соотношение масс и объемов жилой и общественной (коммерческо-деловой) частей МФЖК;
- оптимальное наложение контуров и границ формы и конфигурации объемов жилых и общественных уровней МФЖК;
- оптимальное наложение и сочетание планировочной и конструктивной сеток (планировочных модулей) жилых и общественных уровней МФЖК;
- «бесконфликтное» вертикальное зонирование функциональных блоков в пределах сочетания и наложения общественно-делового и жилой части МФЖК;
- оптимальные габариты, высота и этажность с учетом действующих регламентов, размеров участка и окружающего контекста (компоновка).

Параметры изменения визуальной модели МФЖК на уровне объемно-пространственной организации включают: габариты, конфигурацию, высоту, массы, объемы, модуль.

На уровне *«функциональной и архитектурно-планировочной структуры»* можно выделить следующие рейтинговые показатели *«устойчивой архитектуры»* МФЖК:

- оптимальное зонирование функциональных блоков в пределах 1-го горизонтального уровня общественно-деловой и коммерческой части комплекса;
  - «бесконфликтное» зонирование и размещение функциональных блоков в пределах сочетания и наложения разных уровней общественно-деловой части;
  - оптимальное зонирование и рациональность планировочного решения в пределах жилой части МФЖК (размещение и сочетание жилых секций, блоков; сочетание квартир в пределах секций; сочетание жилых ячеек в пределах квартиры);
-

- «бесконфликтное» наложение и сочетание планировочной и конструктивной сеток (планировочных модулей) жилых и общественных уровней МФЖК;

- качество и разнообразие планировочных решений жилой части МФЖК.

*Параметры* изменения геометрической модели МФЖК на уровне архитектурно-планировочной организации включают: площадь, планировочные конфигурации, конструктивный и планировочный модуль.

На уровне *«визуальной организации и поиска выразительного облика МФЖК»* можно выделить следующие рейтинговые показатели устойчивой архитектуры:

- оптимальный масштаб и масштабность застройки МФЖК с учетом окружающего городского контекста и размеров участка;

- гармоничность облика отдельных зданий и застройки МФЖК с учетом соотношения масс и объемов жилой, общественно-деловой и коммерческой части комплекса;

- содержательность и разнообразие визуального «языка» и пластики объемов МФЖК в пределах сочетания и наложения разных уровней жилой и общественно-деловой части;

- элементы «зеленой архитектуры» во внешнем облике – степень интеграции МФЖК с природными структурами;

- гармоничное цветовое решение фасадов, интерьеров открытых пространств;

- высокая степень благоустройства и комфорт внешней и внутренней среды, качество дизайнерских решений.

*Параметры* изменения геометрической модели МФЖК на уровне визуальной и композиционной организации включают: формообразующие

---

линии, плоскости, объемы, членения фасада, членения формы, габариты, пропорции, цветовые отношения.

Приведение геометрической модели МФЖК к показателю «устойчивой архитектуры» достигается поэтапно с учетом многочисленных вариантных поисков и процедур геометрического и объемно-пространственного моделирования и изменения параметров модели. Поскольку вариантных сочетаний выделенных параметров на каждом уровне формообразования может быть достаточно много, сам процесс может рассматриваться как «комбинаторный поиск» и поэтапное развитие визуальной модели МФЖК на уровне ее «диалога» с контекстом [8]. Комбинаторно-поисковое моделирование может осуществляться как традиционным способом (с помощью компьютерных программ геометрического 3-Д моделирования Автокад, Ревит и др.), так и с помощью современных технологий цифрового проектирования (генеративный дизайн, нейросети).

В данном аспекте могут быть применимы уже известные методы из теории комбинаторики, такие как: метод «морфотипов», регулярные «решетки», сочетания «типового» и «индивидуального» и др. [9, 10] Потенциал комбинаторных «сеток» [9, 10] может быть адаптирован к конструктивной и функционально-планировочной системе МФЖК и быть использован при моделировании их объемно-пространственной и архитектурно-планировочной структуры [1].

С учетом обозначенных особенностей МФЖК, как сложных архитектурно-средовых объектов, и выделенных уровней их формообразования в исследовании предлагаются следующие *методы комбинаторно-поискового моделирования*:

- 1) метод модификации и наложения «градостроительных каркасов»;
- 2) метод трассировки «формообразующего контура»;
- 3) метод наложения «планировочных сеток» (слоев);

4) метод комбинации «функционально-планировочных модулей».

*Метод модификации и наложения «градостроительных каркасов»* применим на уровне моделирования «градостроительной структуры» МФЖК. Комбинаторно-поисковые процедуры включают комбинации таких параметров модели объекта, как: направления и угол ориентации границ застройки, формообразующие линии, градостроительные и планировочные оси. Данные параметры могут быть «сконцентрированы» и представлены в форме «градостроительных каркасов», отражающих внешние условия и факторы градостроительной ситуации, такие как направляющие «силовые линии» контекста, красные линии застройки, систему композиционных осей, геометрию границ и конфигурацию участка. Процесс комбинаторно-поискового моделирования отражает три последовательных комбинаторных цикла, с учетом «считывания» условий и ограничений градостроительной ситуации и усложнения решетки «градостроительного каркаса», которая может включать: а) 2-х компонентную схему; б) 3-х компонентную схему; в) 4-х компонентную схему.

«Циклы» комбинаторно-поискового моделирования в рамках одного «комбинаторного метода», транслируются в компоновочную модель генерального плана МФЖК. Так на основе 2-х компонентной схемы «градостроительного каркаса», учитывающей два превалирующих направления развития композиционных осей градостроительного контекста и особенности конфигурации участка проектирования, получается оптимальной «блочная» структура модифицированного генплана МФЖК. На основе 3-х компонентной схемы градостроительного каркаса возникает более сложная форма генерального плана объекта, имеющая «замкнутую структуру»; 4-х компонентная схема «каркаса» генерирует наиболее сложные конфигурации застройки МФЖК по типу «анфиладной структуры» генплана, учитывающей несколько факторов воздействия. Выбор наиболее

---

«устойчивого» варианта решения будет учитывать результаты моделирования на следующих уровнях формообразования объекта.

*Метод трассировки «формообразующего контура»* продолжает формообразование МФЖК на уровне «градостроительной структуры» и служит для уточнения конфигурации и формообразующих линий застройки с учетом предыдущего комбинаторного цикла. На данном уровне комбинаторно-поискового моделирования рассматриваются и учитываются внешние воздействия на формообразующий контур, абрисы и конфигурации архитектурных объемов МФЖК, реагирующих на красные линии застройки и фасадный фронт прилегающих к участку кварталов, расположение «энергетических полей» и «узлов» в структуре окружающего контекста. Ими выступают знаковые доминанты, акценты в прилегающей к участку застройке, точки пересечения градостроительных осей и т.д. «Шаги» комбинаторных процедур в виде вариантов «трассировки» и локальных «переломов» контура включают три «комбинаторных цикла»: а) на основе 1-й планировочной сетки; б) 2-х планировочных сеток; в) 3-х планировочных сеток и энергетических узлов. С учетом результатов комбинаторного моделирования по двум представленным методам могут быть выбраны наиболее «устойчивые» с точки зрения рейтинговых показателей варианты – для дальнейшего их включения в процесс формообразования.

*Метод комбинирования «регулярных решеток» (планировочных сеток)* может быть применим на следующих уровнях формообразования МФЖК: 1) на уровне организации «объемно-пространственной структуры»; б) на уровне формирования «функционально-планировочной структуры» МФЖК. Метод построен на комбинировании «регулярных решеток» или «модульных сеток» при сочетании высотной и стилобатной части МФЖК, или сочетании и наложении жилой, общественно-деловой и коммерческой частей (рис. 1).



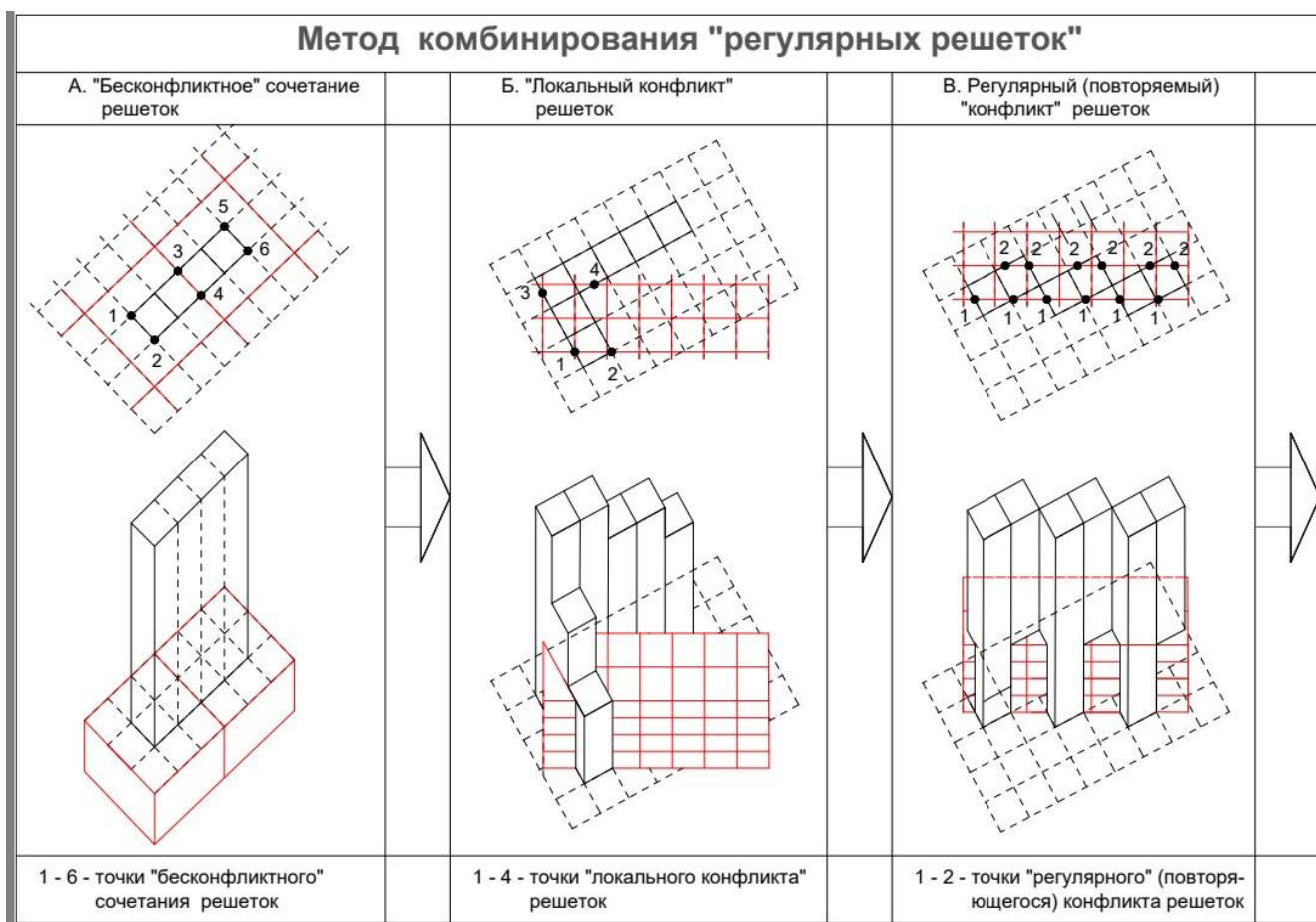


Рис. 1. - Метод комбинирования «планировочных сеток» («регулярных решеток») в высотной и стилобатной части МФЖК

Выделяется два типа «модулей» для комбинаторного моделирования: «конструктивный» и «функциональный». За основу «конструктивного» планировочного модуля может быть взят шаг 3x3, 3.6x3.6, 4.8x4.8 и 6.0x6.0, наиболее применимый в современном каркасно-монолитном домостроении. За основу «функционального» планировочного модуля могут быть взяты шаги комбинаторного моделирования, основанные на размерностях жилых ячеек и жилых помещений (на основе анализа планировочных решений современных МФЖК) с размерами: 2.4x2.4, 2x6, 4.2x5.7 и 6.0x6.0 – для жилой части МФЖК. И шаг планировочных сеток для общественно-деловой и коммерческой части комплекса может быть принят с учетом различных функций – 6.0x6.0, 7.2x7.2, 6.0x9.0 и 9.0x9.0.

Таким образом, комбинации с наложением данных сеток создают поле вариантов планировочной и объемно-пространственной структуры МФЖК, представленных на рис. 4. Отбор вариантов может происходить пошагово с учетом их приближения к «устойчивому состоянию». В данном контексте это могут быть: 1) послойные совпадения планировочных сеток, относящихся к разным функциональным блокам МФЖК – на уровне «узлов», на уровне «ячеек», на уровне «направлений»; 2) наименьшее количество «конфликтных точек» и «несовпадений» в части направлений осей, плоскостей и контуров, шагов, модулей (рис. 1).

Метод комбинации (коллажирования) «функционально-планировочных модулей» развивает предыдущей метод комбинаторно-поискового моделирования и основан на «присвоении» ячейкам «планировочных сеток» определенного содержания или функции (рис. 2).

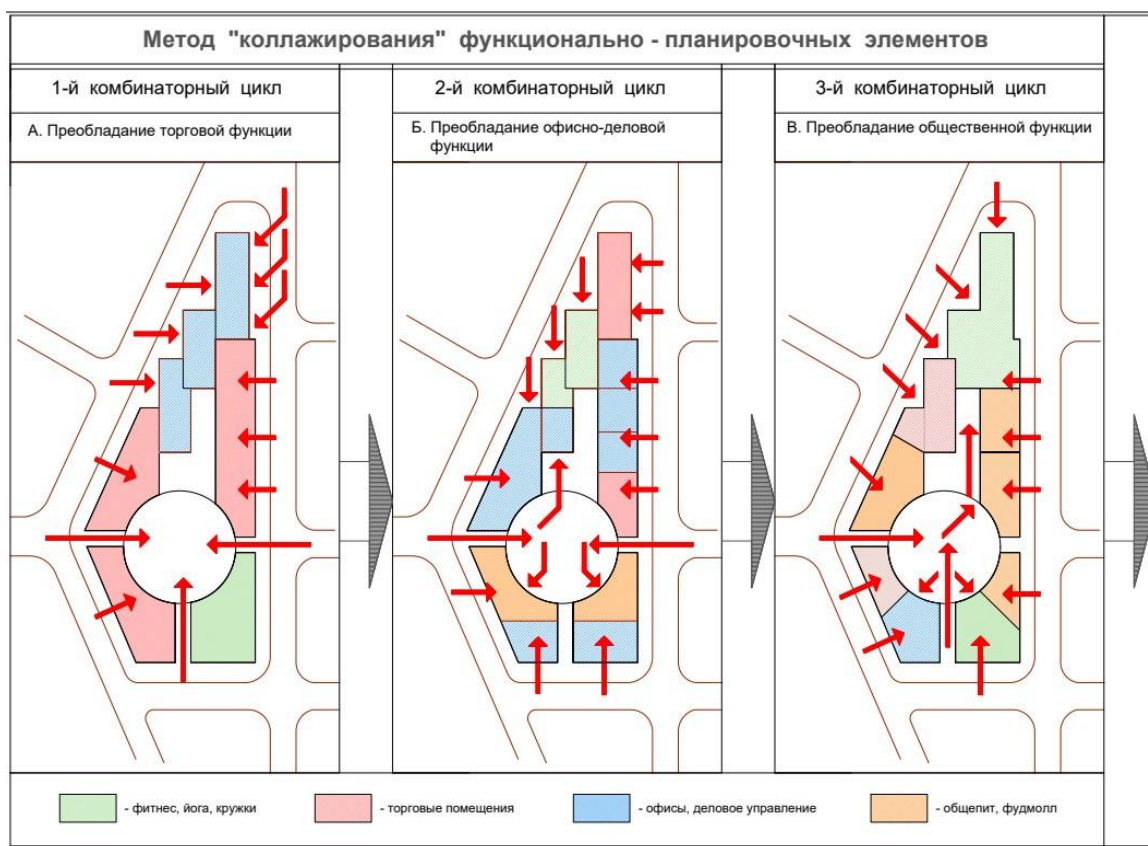


Рис. 2. – Метод комбинации функционально-планировочных элементов

Комбинаторный цикл включает распределение функциональных модулей в пределах уже найденного «формообразующего контура» генерального плана МФЖК или найденного сочетания планировочных решеток в уровне общественно-деловой или жилой части МФЖК. Распределение или «коллажирование» функциональных моделей осуществляется с учетом существующих въездов на участок, отсутствия пересечения технологических потоков, ориентации помещений и т.д. На рис. 2 представлены комбинаторные циклы с распределением «функциональных модулей» в пределах одного этажа общественно-деловой части МФЖК: а) с преобладанием торговой функции; б) с преобладанием коммерческо-деловой функции; в) с преобладанием общественной функции (рис. 2).

Анализ представленных методов комбинаторного моделирования показал, что процесс формообразования цикличен и включает на каждом уровне большое количество комбинаторных циклов, шагов и вариантов решений, что требует интенсификации этого процесса на основе применения методов цифрового проектирования и моделирования. Одним из таких подходов может выступать метод «генеративного проектирования». Автором проекта задаются параметры и условия (ограничения) комбинаторных процедур, а компьютерная программа генерирует «поле вариантов». Выбор приемлемых вариантов и переход на следующий уровень формообразования осуществляется автором на основе достижения (или приближения) выбранного варианта к «рейтинговым показателям устойчивости» МФЖК.

### Литература

1. Колгашкина, В. А. Специфика функционально-планировочной организации многофункциональных жилых комплексов с интегрированной деловой составляющей. Архитектура и современные информационные технологии (АМИТ). 2013. № 2 (23). URL: [marhi.ru/AMIT/2013/2kvart13/kolgashkina/abstract.php](http://marhi.ru/AMIT/2013/2kvart13/kolgashkina/abstract.php).



2. Гошева Д.М., Ирманова Е.В. Современные тенденции в проектировании многофункциональных жилых комплексов. Академическая публицистика. 2018. № 11. С. 259-266.

3. Есаулов Г. В. Устойчивая архитектура - от принципов к стратегии развития. Вестник ТГАСУ. 2014. №6 (47). URL: [cyberleninka.ru/article/n/ustoychivaya-arhitektura-ot-printsipov-k-strategii-razvitiya](http://cyberleninka.ru/article/n/ustoychivaya-arhitektura-ot-printsipov-k-strategii-razvitiya).

4. Шеина С.Г., Балашев Р.В., Живоглядов Г.А., Шахиев Р.Д. Устойчивое строительство зданий. Инженерный вестник Дона. 2023. №12. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8911](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8911).

5. Amager Bakke. The Latest Architecture and News. URL: [archdaily.com/tag/amager-bakke](http://archdaily.com/tag/amager-bakke).

6. Любин Н.С. Архитектура как часть устойчивого развития. Инженерный вестник Дона. 2021. №5. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6968](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6968).

7. Иващенко А.В., Погосова Е.Б. Формообразование в современном архитектурном проектировании. Инженерный вестник Дона. 2023. №5. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8382](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8382).

8. Billger, M., Thuvander, L., Wästberg, B.S. 2017. In search of visualization challenges: The development and implementation of visualization tools for supporting dialogue in urban planning processes. Environment and Planning B Urban Analytics and City Science. 2016. № 44(6), pp.1012-1035.

9. Пронин Е.С. Теоретические основы архитектурной комбинаторики. М.: Архитектура-С. 2004. 234 с.

10. Марков В.И. Комбинаторный тренинг в развитии пространственного мышления. Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2012. №2. С.158–164.

## References

1. Kolgashkina, V. A. Arhitektura i sovremennye informacionnye tekhnologii (AMIT). 2013. № 2 (23). URL: [marhi.ru/AMIT/2013/2kvart13/kolgashkina/abstract.php](http://marhi.ru/AMIT/2013/2kvart13/kolgashkina/abstract.php).
2. Gosheva D.M., Irmanova E.V. Akademicheskaya publicistika. 2018. № 11. Pp. 259-266.
3. Esaulov G. V. Vestnik TGASU. 2014. №6 (47). URL: [cyberleninka.ru/article/n/ustoychivaya-arhitektura-ot-printsipov-k-strategii-razvitiya](http://cyberleninka.ru/article/n/ustoychivaya-arhitektura-ot-printsipov-k-strategii-razvitiya).
4. SHeina S.G., Balashev R.V., ZHivoglyadov G.A., SHahiev R.D. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. №12. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8911](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8911).
5. Amager Bakke. The Latest Architecture and News. URL: [archdaily.com/tag/amager-bakke](http://archdaily.com/tag/amager-bakke).
6. Lyubin N. S. Inzenernyj vestnik Dona. 2021. №5. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6968](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6968).
7. Ivashchenko A.V., Pogosova E.B. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. №5. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8382](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8382).
8. Billger, M., Thuvander, L., Wästberg, B.S. 2017. In search of visualization challenges: The development and implementation of visualization tools for supporting dialogue in urban planning processes. Environment and Planning B Urban Analytics and City Science. 2016. № 44(6), Pp.1012-1035.
9. Pronin E.S. Teoreticheskie osnovy arhitekturnoj kombinatoriki [Theoretical foundations of architectural combinatorics]. M. Arhitektura-S. 2004. 234 p.
10. Markov V.I. Izvestiya vuzov. Investicii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'. 2012. №2. Pp.158–164.

**Дата поступления: 27.05.2024**

**Дата публикации: 3.07.2024**

---