

# ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

**Масиева Камилла Олхазаровна,**

студент,  
научный руководитель: кандидат искусствоведения, старший преподаватель М.Н. Городова,  
Российский университет дружбы народов,  
Россия, Москва, e-mail: [masievac@yandex.ru](mailto:masievac@yandex.ru)

**Городова Маргарита Николаевна,**

кандидат искусствоведения,  
старший преподаватель кафедры архитектуры, реставрации и дизайна,  
ORCID: 0009-0004-0929-556X,  
Российский университет дружбы народов,  
Россия, Москва, e-mail: [gorodova\\_mn@pfur.ru](mailto:gorodova_mn@pfur.ru)

УДК: 725.3.05

Шифр научной специальности: 2.1.12

DOI: 10.47055/19904126\_2026\_1(93)\_10

EDN: KGXWCZ

Тип статьи: RAR Научная

## Аннотация

*Статья посвящена исследованию процесса оптимизации светопрозрачных конструкций в параметрической архитектуре общественных зданий. В ней рассматриваются особенности перехода от алгоритмически генерируемых форм к рациональным конструктивным и проектным системам. На основе анализа современных проектов и научных публикаций определены ключевые аспекты оптимизации, включая тектоническое выражение, технологические ограничения материалов и семантическую взаимосвязь формы с функцией здания. Доказано, что эффективная оптимизация возможна только путем синтеза вычислительных методов и традиционных архитектурных принципов на всех этапах проектирования.*

## Ключевые слова:

*параметрическая архитектура, светопрозрачные ограждения, оптимизация, алгоритмическое проектирование, общественные здания*

## FEATURES OF OPTIMIZATION OF PARAMETRIC TRANSLUCENT STRUCTURES OF PUBLIC BUILDING

**Masieva Kamilla O.,**

Undergraduate student,  
Research supervisor: Senior instructor M.N. Gorodova, PhD (Art Studies),  
RUDN University,  
Russia, Moscow, e-mail: [masievac@yandex.ru](mailto:masievac@yandex.ru)

**Gorodova Margarita N.,**

PhD (Art Studies),  
Senior instructor, Department of Architecture, Restoration and Design,  
ORCID: 0009-0004-0929-556X,  
RUDN University,  
Russia, Moscow, e-mail: [gorodova\\_mn@pfur.ru](mailto:gorodova_mn@pfur.ru)

УДК: 725.3.05

Шифр научной специальности: 2.1.12

DOI: 10.47055/19904126\_2026\_1(93)\_10

EDN: KGXWCZ

Type: RAR Scientific

**Abstract**

*The article is devoted to the study of optimization processes of translucent structures in the parametric architecture of public buildings. The research examines the transition from algorithmically generated forms to rational structural and design systems. Based on the analysis of contemporary projects and scientific publications, the paper identifies key aspects of optimization, including tectonic expression, technological limitations of materials, energy efficiency and the semantic relationship between the form and the function of a building. It is shown that effective optimization is possible only through the synthesis of computational methods and traditional architectural principles at all stages of the design process.*

**Keywords:**

*parametric architecture; translucent structures; optimization; algorithmic design; public buildings*

Современная архитектура общественных зданий характеризуется активным использованием параметрических методов, позволяющих создавать сложные криволинейные формы. В этом контексте светопрозрачные ограждения (фасады, витражи, мансардные окна) перестают быть плоскими и превращаются в сложные пространственные оболочки, что радикально меняет подход к их проектированию и реализации. Как справедливо отмечает И.А.Карсакова, «в параметрической архитектуре наблюдается смещение вектора развития формообразующих принципов, основанных главным образом на специфике компьютерных методов, от основных задач создания традиционной архитектурной формы» [1, с. 1].

Проектирование и внедрение таких конструкций сопряжено с рядом трудностей: сложностью задания пространственных параметров (когда непрерывная поверхность, изначально определенная алгоритмом, требует интерпретации в терминах дискретных элементов с определенными размерами и углами), высокой стоимостью нестандартных элементов, сложностью обеспечения конструктивной надежности и энергоэффективности [3].

Цель данной статьи – выявление и систематизация особенностей оптимизации параметрических светопрозрачных конструкций на всех этапах проектирования – от создания формы до конструктивной реализации. Что касается параметрического формирования светопрозрачных конструкций, то параметрическое моделирование позволяет создавать сложные пластические формы, но их материальная реализация требует перехода от непрерывной поверхности к дискретной структуре. Этот процесс начинается с преобразования сложной поверхности в структурную сеть посредством сечения координатных плоскостей (рис. 1) [2].

Как демонстрируют исследования в области параметрического формообразования, использование спиралевидных циклических поверхностей с окружностями переменного радиуса открывает новые возможности для создания сложных пространственных структур [3]. Оп-

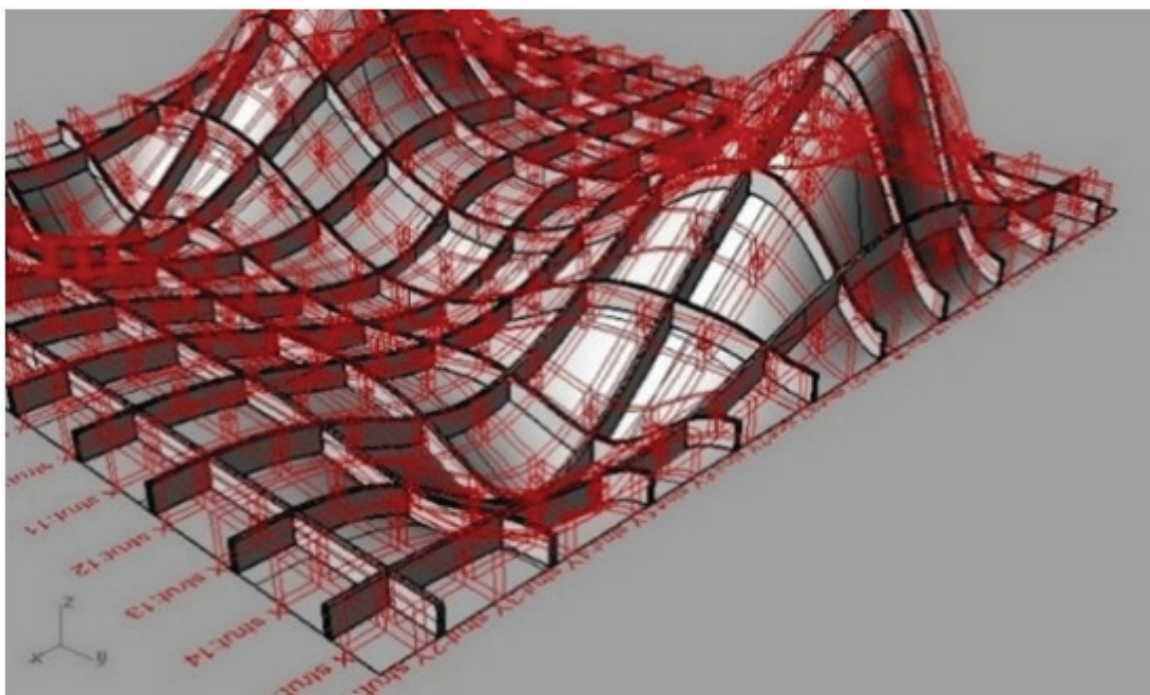


Рис. 1. Скриншот экрана из программы моделирования Rhinoceros

тимизация каркаса включает автоматизированный расчет поперечных сечений элементов с минимизацией стандартных размеров, обеспечивая при этом пространственную согласованность и исключая утолщение конструкции [2]. Такой подход позволяет снизить материалоемкость конструкции без ущерба для ее прочностных характеристик.

Проведенный анализ реализованных проектов параметрической архитектуры и научных публикаций позволяет выделить четыре взаимосвязанных аспекта оптимизации светопрозрачных конструкций: структурно-тектонический, технологический, функциональный, семантический. Каждый из них фокусируется на собственной группе проблем – от работы несущего каркаса и ограничений материалов до сценариев использования и смыслового наполнения формы – и требует специализированных методов проектирования и анализа.

### **Структурно-тектонический аспект оптимизации**

В параметрической архитектуре тектоника поверхности становится ключевым инструментом согласования формы и структуры. Когда эстетические аспекты преобладают над структурными, тектоническая выразительность становится важнейшим средством композиции [2].

Классические методы архитектурного проектирования предполагают осознанный выбор выразительных средств с учетом их функционального назначения, эстетических закономерностей и восприятия человеком [5, с. 79]. В отличие от этого, параметрическое формообразование основывается на принципиально иных подходах к организации пространства. Алгоритмические методы компьютерного моделирования способны генерировать формы с непредсказуемым результатом, что коренным образом отличает их от детерминированных принципов создания композиционной целостности в традиционной архитектуре.

Анализ архитектурных объектов Москвы показывает, что применение аналитических поверхностей в параметрической архитектуре ограничено определенным набором геометрических типов, что свидетельствует о необходимости оптимизации структурных решений [4] под конкрет-

ные художественно-семантические условия, диктуемые местом проектирования объекта. Выбор структурной схемы определяет дальнейшую стратегию оптимизации. Для общественных зданий схема с пространственным стальным каркасом и подвесными светопрозрачными панелями часто оказывается наиболее рациональной [2]. Опыт реализации сложных проектов, таких как олимпийские объекты в Сочи, показывает важность учета технологических ограничений на этапе выбора формы (рис. 2). На примере стадиона «Фишт» (рис. 2) видно, как параметрическое моделирование использовалось для оптимизации тектоники сложной криволинейной крыши.

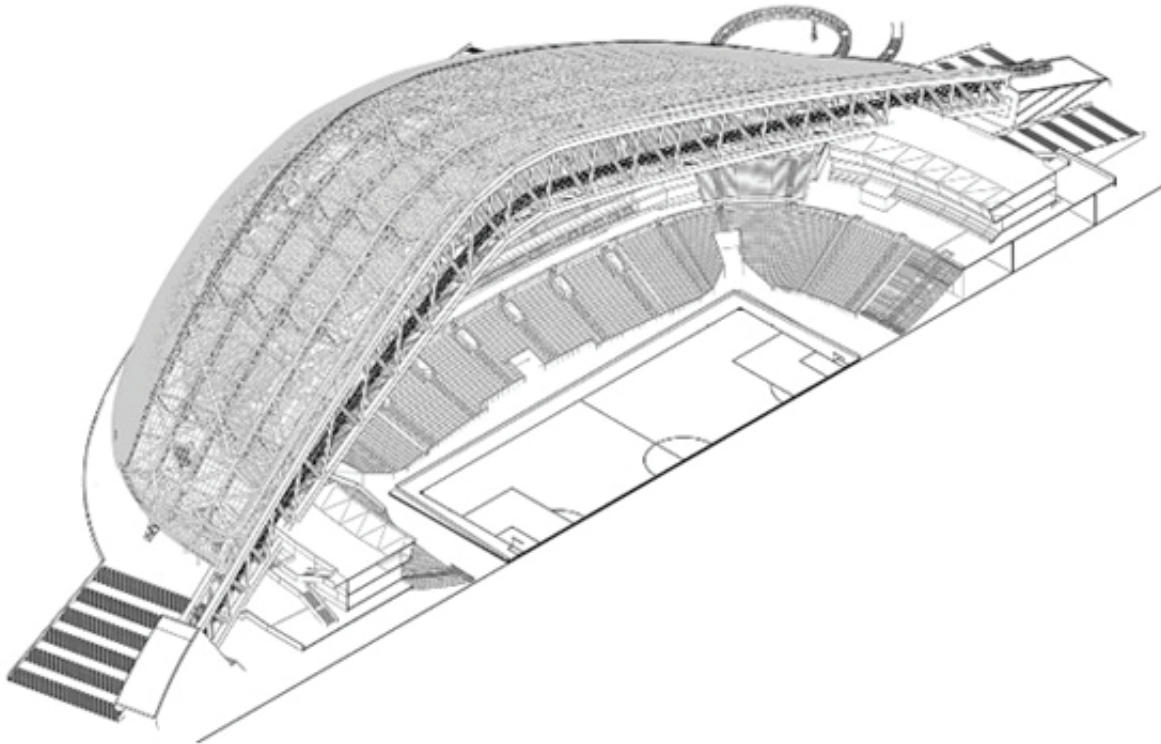


Рис. 2. Стадион Фишт. Разрез. Дэймон Лавелле. Россия, 2013. URL: <https://archi.ru/projects/russia/8725/stadion-fisht>

Алгоритмическое проектирование позволило рассчитать и рационализировать пространственный стальной каркас, разделив сплошную поверхность на сегменты. Параметрическая модель автоматически определила геометрию и размеры несущих элементов (арок и ферм), минимизировав их размеры при сохранении целостности конструкции. Это привело к снижению расхода материалов и упрощению производства, превратив выразительную архитектурную форму в технологически и экономически обоснованный дизайн [2]. Свойства светопрозрачных материалов существенно влияют на алгоритмы, используемые для формирования оболочки. Ограниченные возможности стекла при изгибе требуют разделения сложных поверхностей на множество плоских или однонаправленно изогнутых элементов [2].

### **Технологический аспект оптимизации**

Свойства светопрозрачных материалов существенно влияют на алгоритмы, используемый для формирования оболочки. Ограниченные возможности стекла при изгибе требуют разделения сложных поверхностей на множество плоских или однонаправленно изогнутых элементов. Это ключевое технологическое ограничение, которое параметрическая модель должна учитывать с самого начала.

Ключевая задача оптимизации – найти баланс между уникальностью параметрической формы и стандартизацией элементов. Индивидуальные решения для каждого узла и детали значительно увеличивают бюджет проекта. Параметрические методы позволяют решить эту дилемму через алгоритмическую кластеризацию: схожие по геометрии элементы группируются, а их форма незначительно корректируется для приведения к ограниченному набору типу размеров. Ярким примером такой стратегии является купол Лувра Абу-Даби (рис. 3), состоящий из 7850 уникальных, но алгоритмически оптимизированных элементов, что позволило управлять сложностью и стоимостью [5, 6].

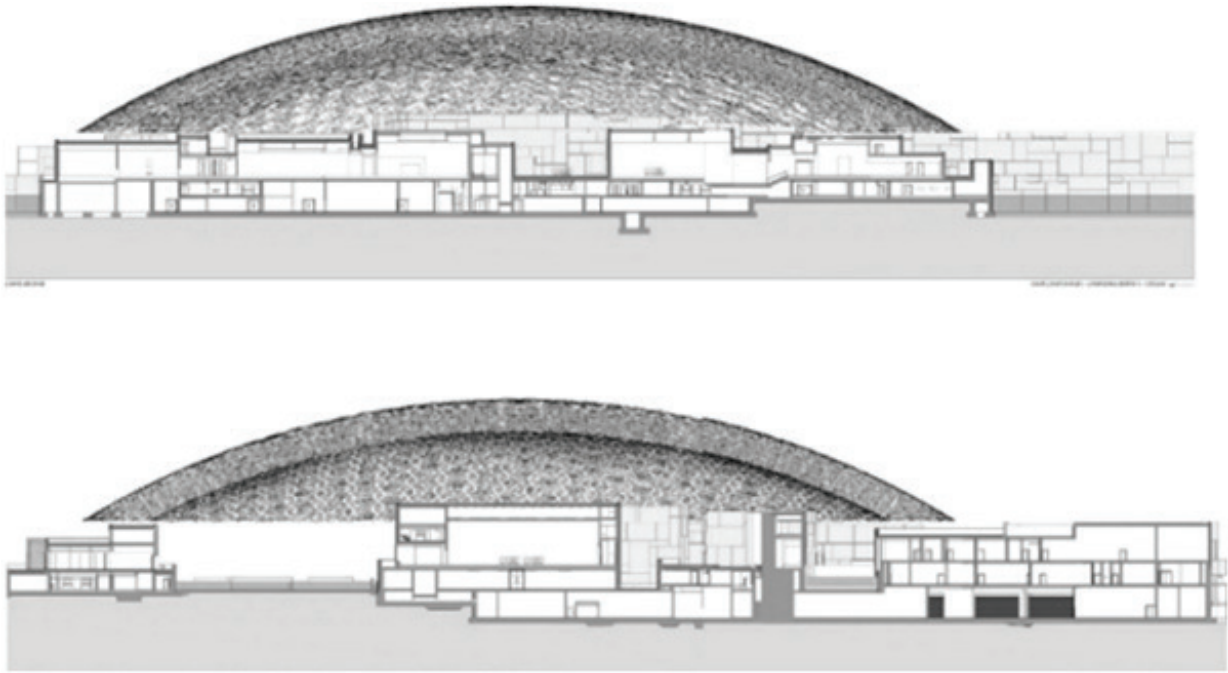


Рис. 3. Лувр Абу-Даби. Разрез. Architecte Jean Nouvel, ОАЭ, 2017. URL: <https://archi.ru/world/77264/ot-luvra-k-luvru>

Другим примером технологической оптимизации стал Центр исполнительских искусств в Абу-Даби, где сложная двойная кривизна фасадных элементов потребовала специальной технологии разработки панелей. Параметрическое моделирование позволило кластеризовать схожие по геометрии элементы и разработать ограниченный набор технологических шаблонов, что значительно снизило стоимость изготовления при сохранении визуальной сложности формы [8].

### **Функциональный аспект оптимизации**

Оптимизация параметрических конструкций напрямую связана с функцией здания и комфортом пользователей. Параметрическое моделирование позволяет напрямую интегрировать анализ солнечной инсоляции, ветровых нагрузок и энергетической эффективности в период формирования. Это позволяет как создавать оболочку, так и спроектировать адаптивную систему, реагирующую на внешние условия.

Наиболее радикальное проявление функциональной оптимизации – трансформируемые структуры. Параметрические методы используются для расчета траекторий, распределения нагрузок и синхронизации движения элементов. Мобильное ограждение культурного центра The Shed (рис. 4) – пример того, как параметрическая модель стала основой для создания динамической многофункциональной архитектуры, физически адаптирующей площадь здания под различные сценарии [7].

Функциональная оптимизация также проявляется в Лувре Абу-Даби, где параметрическая модель купола учитывает климатические условия региона. Многослойная геодезическая структура создает эффект «солнечного дождя», регулируя интенсивность естественного освещения и снижая тепловую нагрузку на 30%, что критично для жаркого климата [5, 6]. Параметрический алгоритм позволил точно рассчитать размеры и расположение отверстий для оптимального баланса между освещенностью и теплозащитой.

### Семантический аспект оптимизации

Оптимизация таких ограждающих конструкций не должна ограничиваться техническими аспектами. Важным критерием является семантическое наполнение формы, ее способность метафорически отражать функциональное назначение здания [1].

Геодезический купол Лувра Абу-Даби представляет собой сложную параметрическую структуру диаметром 180 м (рис. 3). Оптимизация заключалась в создании многоуровневой системы, где верхний слой образует звездообразный рисунок, а нижний – плотную решетку. Семантика этого решения многогранна: геодезический купол, создающий внутри эффект «солнечного дождя», отсылает к образу оазиса и переплетению арабской архитектурной традиции (мушараби) с универсальным языком современного музея [5, 6].

Мобильное светопрозрачное ограждение культурного центра The Shed демонстрирует инновационный подход к оптимизации многофункциональных пространств. Телескопическая конструкция длиной 37 м перемещается по рельсам, адаптируя площадь здания под различные сценарии использования. Параметрическое моделирование позволило оптимизировать траекторию движения и распределение нагрузок, обеспечивая беспрепятственное перемещение 1600-тонного сооружения. Семантика здесь основана на идее трансформации и открытости: здание физически демонстрирует свою способность меняться, что метафорически отражает его функцию гибкой платформы для современного, постоянно развивающегося искусства (рис. 4) [7].



Рис. 4. Визуализация проекта, Культурный центр The Shed, Здание Bloomberg, DillerScofidio + Renfro, США, 2015–2019.  
URL: <https://archi.ru/projects/world/8041/kulturnyi-centr-the-shed-zdanie-bloomberg>

Особого внимания заслуживает проект Центра исполнительских искусств в Абу-Даби (арх. Заха Хадид), где тектоника светопрозрачного ограждения решена через систему складчатых поверхностей (рис. 5).

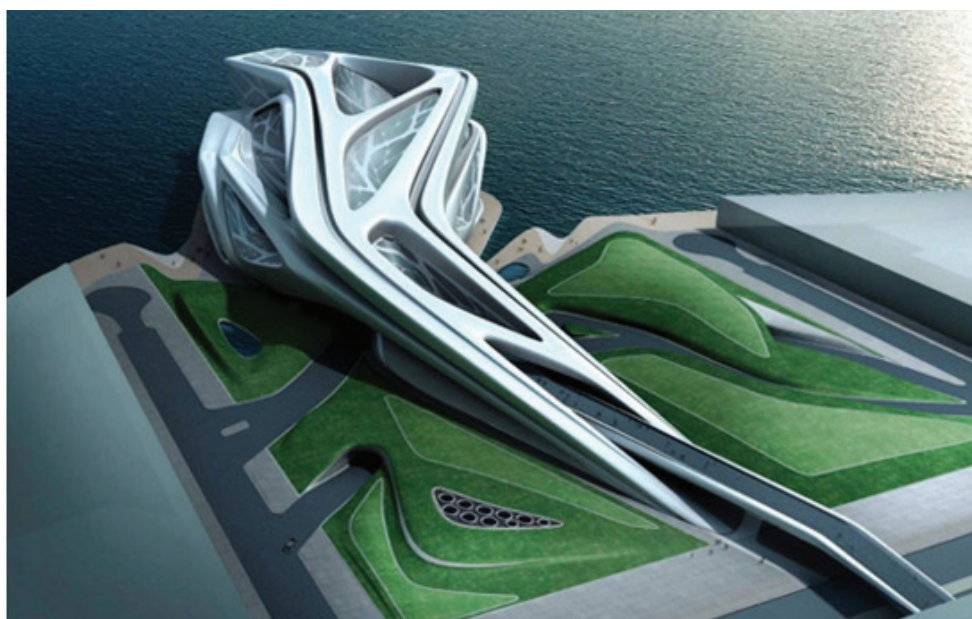


Рис. 5. Визуализация проекта, Центр исполнительских искусств. Заха Хадид, ОАЭ, 2006. URL: <https://archi.ru/projects/world/631/centr-ispolnitelskikh-iskusstv>

Каждая грань фасада представляет собой сложную двоякую кривизну, оптимизированную для противостояния ветровым нагрузкам. Анализ показал, что такое решение позволило сократить количество опорных элементов на 40% при сохранении прочностных характеристик, что демонстрирует эффективность структурно-тектонической оптимизации параметрических конструкций. Семантика складчатых, текучих форм Захи Хадид многогранна: они могут ассоциироваться с природными формами (песчаные дюны, ландшафт вади), с динамикой музыки и танца, которая напрямую проистекает из параметрического генезиса формы, рожденной в цифровой среде и воплощающей идею органичного роста и движения [8].

### Система оптимизации параметрических светопрозрачных конструкций

Аспект оптимизации	Ключевые проблемы	Методы решения	Примеры реализации	Эффективность
<b>Структурно-тектонический</b>	Сложность задания пространственных параметров, сложность обеспечения прочности	Автоматизированный расчет сечений, минимизация типоразмеров, пространственные стальные каркасы	Центр искусств в Абу-Даби, стадион "Фишт"	Снижение материалоемкости на 25-40%
<b>Технологический</b>	Высокая стоимость нестандартных элементов, ограничения гибки стекла	Разделение на плоские/однонаправленно изогнутые элементы, стратегии стандартизации	Лувр Абу-Даби, Центр искусств в Абу-Даби	Снижение тепловой нагрузки на 30%
<b>Функциональный</b>	Энергоэффективность, адаптация к сценариям использования	Учет солнечной инсоляции, подвижные конструкции	The Shed, Лувр Абу-Даби	Адаптация площади под разные функции
<b>Семантический</b>	Разрыв между формой и функцией, потеря смысловой наполненности	Художественно-образный подход, метафорическое выражение функции	Лувр Абу-Даби, Центр исполнительских искусств	Усиление коммуникативного потенциала

## Выводы

1. Оптимизация параметрических светопрозрачных конструкций – многоуровневый процесс, требующий интеграции структурного, дизайнерского и семантического подходов на всех этапах проектирования.
2. Ключевой принцип оптимизации – управляемое параметрическое моделирование, при котором вычислительные методы служат инструментом для поиска решений в рамках ограничений, установленных архитектором [3]
3. Наиболее эффективной стратегией является синтез компьютерных технологий и традиционных тектонических принципов, который позволяет создавать выразительные, технологически продвинутые и экономически жизнеспособные конструкции [4].

Оптимизация параметрических светопрозрачных конструкций как сложный, многослойный процесс требует глубокого осмысления и взаимопроникновения архитектурных, конструктивных и эстетических аспектов. Рациональные конструктивные и проектные системы представляют инструмент эффективной реализации творческого замысла архитектора, позволяя свободно экспериментировать внутри заданных рамок ограничений. Эта взаимосвязь порождает необходимую свободу выбора решений, сохраняя при этом ответственность за конечный результат.

## Библиография

1. Карсакова, И.А. Проблема художественно-образного подхода в параметрической архитектуре / И.А. Карсакова // *Архитектон: известия вузов*. – 2023. – № 3 (83).
2. Лейкина, Д.К. Тектоника параметрической поверхности / Д.К. Лейкина, Г.В. Океанов, С.Р. Мамедова // *Architecture and Modern Information Technologies*. – 2024. – № 3 (68).
3. Кравченко, Г.М. и др. Исследование принципов формообразования объектов параметрической архитектуры / Г.М. Кравченко и др. // *Инженерный вестник Дона*. – 2019. – № 1.
4. Мамиева, И.А., Разин, А.Д. Параметрическая архитектура в Москве / И.А. Мамиева, Разин А.Д. // *Архитектура и строительство России*. – 2014. – № 6.
5. Куклинова И.А. Лувр Абу-Даби: универсальный музей в арабском мире / И.А. Куклинова // *ВМ*. – 2013. – № 1 (7). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/luvr-abu-dabi-universalnyy-muzej-v-arabskom-mir>
6. Фролова, Н., Нувель, Ж. Лувр Абу-Даби / Н. Фролова, Ж. Нувель. – URL: <https://archi.ru/world/77264/ot-luvra-k-luvru>
7. Культурный центр The Shed – здание Bloomberg – URL: <https://archi.ru/projects/world/8041/kulturnyi-centr-the-shed-zdanie-bloomberg>
8. Центр исполнительских искусств. – URL: <https://archi.ru/projects/world/631/centr-ispolnitelskikh-iskusstv>
9. Маклакова, Т.Г. Архитектура: учебник / Т.Г. Маклакова, С.М. Нанасова, В.Г. Шарапенко., А.Е. Балакина. – М.: АСВ, 2004. – 464 с.: ил.

## References

1. Karsakova, I.A. (2023) The problem of artistic-imagery approach in parametric architecture. *Architecton: Proceedings of Higher Education*, No. 3(83). (in Russian)
2. Leikina, D.K., Okeanov, G.V. and Mamedova, S.R. (2024) Tectonics of parametric surfaces. *Architecture and Modern Information Technologies*, No. 3(68). (in Russian)
3. Kravchenko, G.M. et al. (2019) Study of shaping principles in parametric architecture objects. *Engineering Bulletin of the Don*, No. 1. (in Russian)

4. Mamieva, I.A. and Razin, A.D. (2014) Parametric architecture in Moscow. Architecture and Construction of Russia, No. 06. (in Russian)
5. Kuklinova, I.A. (2013) Louvre Abu Dhabi: a universal museum in the Arab world. VM, [online] No. 1(7). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/luvr-abu-dabi-universalnyy-muzey-v-arabskom-mir> . (in Russian)
6. Frolova, N. (n.d.) Jean Nouvel. Louvre Abu Dhabi. [online] Archi.ru. Available at: <https://archi.ru/world/77264/ot-luvra-k-luvru> . (in Russian)
7. Archi.ru (n.d.) The Shed Cultural Center – Bloomberg Building. [online] Available at: <https://archi.ru/projects/world/8041/kulturnyi-centr-the-shed-zdanie-bloomberg> . (in Russian)
8. Archi.ru (n.d.) Performing Arts Center. [online] Available at: <https://archi.ru/projects/world/631/centr-ispolnitelskikh-iskusstv> . (in Russian)
9. Maklakova, T.G., Nanasova, S.M., Sharapenko, V.G. and Balakina, A.E. (2004) Architecture. Moscow: ASV. (in Russian)

Ссылка для цитирования статьи

Масиева, К.О. Особенности оптимизации параметрических светопрозрачных конструкций общественных зданий / К.О. Масиева, М.Н. Городова // Архитектон: известия вузов. – 2026. – №1(93). – URL: [http://archvuz.ru/2026\\_1/10/](http://archvuz.ru/2026_1/10/) – DOI: [https://doi.org/10.47055/19904126\\_2026\\_1\(93\)\\_10](https://doi.org/10.47055/19904126_2026_1(93)_10)

© Масиева К.О., Городова М.Н., 2026

Лицензия Creative Commons

Это произведение доступно по лицензии Creative Commons «Attribution-ShareAlike» («Атрибуция - на тех же условиях»).  
4.0 Всемирная



Дата поступления: 25.11.2025  
Дата рецензирования: 23.01.2025  
Дата принятия к печати: 02.02.2026