

ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Научная статья

УДК/UDC 721.012.27:725.1:005

DOI: 10.24412/1998-4839-2024-2-103-118

**Формообразующие свойства пространственных сот в  
архитектуре высотных бизнес-центров**

**Полина Сергеевна Болдырева<sup>1</sup>**

Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия

polinagreen95@gmail.com

**Аннотация.** В статье выявляются современные тенденции формирования архитектуры высотных бизнес-центров. Подробно анализируется отечественный и мировой опыт. На основе исследования двадцати наиболее значимых объектов-представителей выделяются наиболее перспективные архитектурно-пространственные решения. Тенденции дифференцируются на шесть основных групп: градостроительные, функциональные, объемно-планировочные, архитектурно-художественные, конструктивные и инженерно-технические. Определяется спектр новых задач и актуальных запросов при создании высотных бизнес-центров. В качестве альтернативного конструктивного решения небоскребов «нового поколения» демонстрируются экспериментальные предложения автора на основе «пространственных сот». Обозначаются его преимущества, а также выводится корреляция характеристик «пространственных сот» с выведенными тенденциями в архитектурном проектировании высотных бизнес-центров.

**Ключевые слова:** архитектурные тенденции, пространственная сота, современная архитектура, высотное строительство, небоскреб

**Для цитирования:** Болдырева П.С. Формообразующие свойства пространственных сот в архитектуре высотных бизнес-центров // Architecture and Modern Information

Technologies. 2024. №2(67). С. 103-118.

URL: [https://marhi.ru/AMIT/2024/2kvart24/PDF/08\\_boldyрева.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2024/2kvart24/PDF/08_boldyрева.pdf) DOI: 10.24412/1998-4839-2024-2-103-118

CREATIVE CONCEPTS IN ARCHITECTURE

Original article

**Shape-forming qualities of spatial cells in the architecture of high-rise  
business centers**

**Polina S. Boldyreva<sup>1</sup>**

Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia

polinagreen95@gmail.com

**Abstract.** The article identifies current trends in the architectural formation of high-rise business centers. Russian and global experience is analyzed in detail. Based on a study of the 20 most significant representative objects, the most promising architectural and spatial solutions are identified. Trends are differentiated into six main groups: urban planning, functional, space planning, architectural and artistic, constructive and engineering. The range of new tasks and current requests in the formation of high-rise business centers is determined. As an alternative solution for designing skyscrapers of «new generation», the author's experimental proposals based on «spatial cells», as a modification of CBSS, are demonstrated. Its advantages are

---

<sup>1</sup> © Болдырева П.С., 2024

outlined, and a correlation between the characteristics of «spatial cells» and the identified trends in the architectural design of high-rise business centers is drawn.

**Keywords:** architectural trends, spatial cell, modern architecture, high-rise construction, skyscraper

**For citation:** Boldyreva P.S. Shape-forming qualities of spatial cells in the architecture of high-rise business centers // Architecture and Modern Information Technologies, 2024, no. 2(67), pp. 103-118. Available at: [https://marhi.ru/AMIT/2024/2kvart24/PDF/08\\_boldyreva.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2024/2kvart24/PDF/08_boldyreva.pdf)  
DOI: 10.24412/1998-4839-2024-2-103-118

## Введение

С развитием новых технологий строительства, конструктивных систем, инновационных материалов повышается архитектурно-художественный и объемно-планировочный потенциал высотных зданий, расширяется география строительства небоскребов и увеличивается количество реализованных объектов данного типа. Согласно статистике СТБУН<sup>2</sup>, в 2023 году было построено порядка 200 высотных зданий в мире, что почти на треть больше показателей 2022 года (154 объекта) [7, с.45]; подавляющее большинство – около 80% – это многофункциональные офисные здания. Лидирующие позиции уже более 10 лет занимает Китай, в особенности такие города как Шеньчжень, Гуанчжоу и Гонконг, что обуславливается высоким уровнем экономического развития региона, увеличением количества международных корпораций, ограниченными земельными ресурсами и соответственно рекордно высокой стоимостью земли. Так, например, самый дорогой участок застройки на начало 2024 г. – а именно под строящимся небоскребом «2 Мюррей Роад (2 Murray Road)» в Гонконге по проекту бюро Захи Хадид – оценивается в три миллиарда долларов, без учета затрат на возведение объекта. Вслед за Китаем по темпам высотного строительства в последний годы следуют ОАЭ, США, Индия, Австралия, Южная Корея и др. [8, с.3]. С ростом количества небоскребов увеличиваются и запросы на качественные характеристики высотных объектов: особенности планировочных решений и их адаптивность, насыщенность функциональной программы, выразительность общей объемно-пространственной композиции объекта и пластического решения фасадов, соответствие современным направлениям в области «устойчивого развития», экологичности и т.д. [1]

Небоскреб как объект, зачастую играющий роль доминанты, знаковой фигуры, символа власти (Ф. Джонсон: «Наши небоскребы возникли в новом экономическом мире, в них отсутствует религиозное чувство. Они обязаны своим происхождением борьбе внутри экономического мира... Это импульс оказаться выше всех, ухватиться за звезды ... Небоскребы означают власть!» [2, с.3]), должен транслировать определенную «уникальность», достигающуюся через ряд композиционно-пластических решений, что является весьма сложной задачей в условиях возрастающего объема высотного строительства.

С 2020-х годов, в постпандемический период, актуализировался не только вопрос поиска нового художественного языка архитектуры высотных бизнес-центров, но и гибкости их планировочных решений, способных адаптироваться под новые форматы работы – гибридный<sup>3</sup> и удаленный. Особое значение стало играть качество внутренней среды, обеспечивающей благоприятные условия для сотрудников, их формального и неформального общения, повышающей работоспособность и усиливающей профессиональные связи внутри компаний. Вместе с тем для повышения престижа и

<sup>2</sup> СТБУН (Council of Tall Buildings and Urban Habitat) – Совет по высотным зданиям и городской среде.

<sup>3</sup> Гибридный формат работы – это совмещение офлайн- и онлайн-режимов, когда большинство функций сотрудники компании выполняют удаленно, а 1-2 раза в неделю приходят в офис. URL: <https://timeweb.com/ru/community/articles/gibridnyy-format-raboty-plyusy-i-minusy> (дата обращения: 23.12.2023).

рентабельности высотных бизнес-центров возросла роль мировых и региональных систем экологической сертификации зданий – LEED<sup>4</sup>, BREEAM<sup>5</sup>, DGNB<sup>6</sup>, CASBEE<sup>7</sup>, «Зеленые стандарты» и т.д. – отражающих принципы «устойчивого развития» [6].

Сегодня в мировой практике и исследованиях в области проектирования и строительства высотных бизнес-центров предлагается ряд методов и реализуется множество приемов формирования их архитектурного образа. Однако, вопрос поиска новых объемно-пространственных инструментов, посредством которых в высотных зданиях возможно воплотить актуальные тенденции и задать новые векторы развития, остается открытым.

При поиске и разработке альтернативных конструктивных решений высотных бизнес-центров автор статьи опирается на анализ новейших выдающихся подходов в строительстве небоскребов, а также обращается к концепциям XX века – нереализованным, но перспективным и имеющим потенциал для реализации заявленных в проектах приемов с учетом современных технологий и возможностей. В ходе авторского экспериментального проектирования, а также математического обоснования предлагаемых схем и решений выявляются объемно-планировочные и конструктивные перспективы применения «пространственных сот» в контексте современных тенденций архитектурного проектирования высотных бизнес-центров.

Анализ конструктивных решений небоскребов подкрепляется дифференциацией выведенных актуальных направлений в архитектуре высотных бизнес-центров. Также определяется корреляция современных тенденций с формообразующими возможностями «пространственных сот», основными объемно-пространственными характеристиками которых являются: закономерности построения, комбинаторный и архитектурно-пластический потенциал, преимущества перед существующими системами и др.

Сегодня необходимость поиска и разработки новых инструментов архитектурно-пространственного формирования высотных бизнес-центров обуславливается ростом программного потенциала офисных пространств, необходимостью адаптации привычных планировочных схем под современные корпоративные запросы. Также важную роль играет курс на многозадачность, гибкость интерьерных решений, что повышает запрос на расширение спектра возможных трансформаций здания. Стоит отметить и увеличение роли «уникальности» объемно-пространственного и пластического решения фасадов высотных бизнес-центров – это ставит перед архитектором новые задачи в контексте повышения престижа и значимости объектов.

## **I. Тенденции формирования архитектуры современных высотных бизнес-центров**

В ходе анализа современного отечественного и зарубежного опыта высотного строительства особое внимание было сосредоточено на 20 объектах, реализованных в последние 10 лет, большая часть из которых относится к постпандемическому периоду 2020-х гг. и имеет ряд наград в различных архитектурных номинациях. На основе изучения широкого спектра небоскребов и более детального исследования выбранных 20 зданий были выявлены основные тенденции формирования архитектуры высотных бизнес-центров, которые также были систематизированы по шести основным группам: *градостроительные, функциональные, объемно-планировочные, архитектурно-художественные, конструктивные, инженерно-технические.*

<sup>4</sup> LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) – Руководство по энергоэффективному и экологическому проектированию.

<sup>5</sup> BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) – Метод оценки экологической эффективности зданий.

<sup>6</sup> DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) – Немецкое общество устойчивого строительства / Совет устойчивого строительства Германии.

<sup>7</sup> CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) – Комплексная система оценки эффективности искусственной среды.

**1. Градостроительные:**

- 1.1 повышение качества благоустройства территории, прилегающей к высотному бизнес-центру;
- 1.2 проектирование станций рельсового транспорта на подземных уровнях высотного комплекса – и включение во внутреннем пространстве небоскребов транзитных маршрутов (открытые подиумы, внутренние двory);
- 1.3 выбор площадки строительства как в деловых кварталах, так и в отдаленных от центра районах (формирование новой доминанты на периферии).

**2. Функциональные:**

- 2.1 увеличение роли общественных пространств;
- 2.2 более глубокая разработка возможных сценариев использования офисного пространства и форм корпоративного взаимодействия в нем;
- 2.3 программная диверсификация объекта – фокус на комфортные условия работы с возможностью различных форм организации отдыха и восстановления (рекреационная составляющая).

**3. Объемно-планировочные:**

- 3.1 многообразие офисных пространств для коллективной работы и их дифференциация;
- 3.2 гибкость рабочей площади и демонстрация альтернатив – размещения сотрудников на одном и том же уровне как при открытой планировке, так и кабинетно-групповой, возможность соединения соседних уровней;
- 3.3 усложнение общей объемно-пространственной композиции высотных бизнес-центров за счет артикуляции общественных пространств: оформление блоков с культурно-досуговой функцией в отдельные элементы на фасаде, формирование рекреативных зон в переходах многостольных комплексов, соединение двух башен общим атриумным пространством и т.д. [3, 4];
- 3.4 стремление нивелировать ветровую нагрузку на небоскреб посредством формирования более обтекаемых<sup>8</sup>, а также спиралевидных конфигураций, организации проемов в структуре башни и др.;
- 3.5 высотные амбиции (однако в 2021 г. в Китае был введен ряд ограничений и за оптимальный диапазон была принята высота в 150-250 м);
- 3.6 выведение различных форм озеленения на фасад и в структуру ограждающих конструкций;
- 3.7 формирование двойных оболочек и мезопространств<sup>9</sup>.

**4. Архитектурно-художественные:**

- 4.1 повышение значимости объекта через уникальность архитектурного образа и поиск новых первооснов (источников) для композиционно-пластического формирования небоскребов;
- 4.2 обращение к эстетике конструкций, в том числе применение траекториальных структур, или ферм Митчела<sup>10</sup>, на фасадах в контексте топологической оптимизации<sup>11</sup>;

<sup>8</sup> Граник Ю.Г., Магай А.А. Архитектурно-конструктивные особенности высотных зданий за рубежом // Информационный сборник «Уникальные и специальные технологии в строительстве». Выпуск 1(23). Москва: Архитектурно-строительный центр «Дом на Брестской», 2004. URL: <https://www.fractr.org/file/649106/> (дата обращения 27.11.2023).

<sup>9</sup> Мезопространство (от греч. Мезо- «средний») – пространство переходное от экстерьера к интерьеру.

<sup>10</sup> Ферма Митчела (решетка Прагера) – система оптимальных дискретных ферм; по Митчелу, «решетчатая конструкция (ферма) является оптимальной, то есть она достигает предела экономии материала, возможного в любой конфигурации конструкции при одних и тех же приложенных силах, если пространство, занимаемое конструкцией может быть подвержено соответствующей малой деформации, так что деформации во всех стержнях решетки увеличиваются в долях, пропорциональных их длинам, и не менее, чем в долях изменения длины любого элемента конструкции».

<sup>11</sup> Топологическая оптимизация – это метод автоматизированного проектирования, позволяющий получить оптимальную форму изделия в заданных условиях эксплуатации.

4.3 сотовая, или пиксельная, пластика фасада, а также мотивы «ступенчатости» и «террасированности» высотных объемов;

4.4 введение категории времени в архитектурно-художественный образ – динамические панели, автоматизированная система внешнего освещения и медиаэкранов, изменяющийся растительный покров в вертикальных ограждающих конструкциях и др.

**5. Конструктивные:**

5.1 материалоемкость, более рациональное использование ресурсов – уменьшение объема строительных материалов при сохранении конструктивной жесткости и прочности объекта (в т. ч. за счет топологической оптимизации);

5.2 увеличение доли композитов, таких как сталежелезобетон, в структуре несущего остова здания, а также комбинации стальных и железобетонных конструктивных элементов;

5.3 различные макрофермы и диагональные решетки на фасаде, которые воспринимают значительную часть боковых нагрузок и снижают объем стали и железобетона, а также в системе с внутренними ауригерными этажами (нередко и ферменными перекрытиями, и балками) формируют максимально «безбарьерное» пространство – без колонн – с высоким потенциалом для трансформаций.

**6. Инженерно-технические:**

6.1 автоматизация ряда процессов и совершенствование систем инженерного оборудования для создания комфортной рабочей среды – внимание к микроклимату, к приемам повышения трудоспособности работников для улучшения качества корпоративного взаимодействия;

6.2 интеграция систем преобразования энергии из возобновляемых источников;

6.3 установка механизмов переработки и повторного использования водных ресурсов.

Стоит отметить, что в отдельно взятом высотном бизнес-центре реализуются не все обозначенные тенденции, часть из них являются взаимозаменяемыми, или альтернативными друг другу. Однако, ряд обозначенных тенденций работают в совокупности для достижения оптимального архитектурного решения небоскреба (рис. 1).

Для более наглядного отражения различных примеров комбинации перечисленных тенденций в современных высотных бизнес-центрах была сформирована таблица 1.

Таблица 1. Тенденции современных высотных бизнес-центров

№	Объект	Город/ страна	Арх. бюро	Год*	Н (м)	Тенденции					
						Градост.	Функц.	Объем.- планир.	Арх.- худож.	Констр.	Инж.- технич.
1	КэпитаСпринг (CapitaSpring) Рис. 1а	Сингапур	БИГ (BIG)	2021 (Э)	276	1.1	2.1	3.1	4.1	5.2	6.1
						1.2	2.2	3.3	4.4		
						1.3	2.3	3.6			
								3.7			
2	Спираль (The Spiral) Рис.1б	Нью-Йорк США	БИГ (BIG)	2023 (Э)	314	1.1	2.1	3.1	4.1	5.2	6.1
						1.3	2.2	3.2	4.3		
							2.3	3.3			
								3.4			
								3.5			
								3.6			
								3.7			
3	Лиза СОХО (Leeza SOHO) Рис. 1в	Пекин Китай	Заха Хадид (Zaha Hadid Arc.)	2019 (Э)	207	1.1	2.1	3.2	4.1	5.1	6.1
						1.2	2.2	3.3	4.3		
						1.3	2.3	3.2	5.2		
								3.5	6.3		
		3.7									

4	Шанхайская башня Рис. 1г	Шанхай Китай	Генслер (Gesler)	2015 (Э)	632	1.3	2.1 2.3	3.4 3.5 3.7	4.1	5.1 5.2	6.1 6.2 6.3
5	Финансовый центр СИТИК (CITIC Financial center) Рис. 1д	Шеньчжень Китай	COM (SOM)	2015 (П) 2024 (В)	312	1.1 1.3	2.1	3.4	4.1 4.2	5.1 5.2 5.3	6.1 6.2 6.3
6	Мердека 118 (Merdeka 118) Рис. 1е	Куала-Лумпур Малайзия	Фендер Катсалидис Fender Katsalidis	2023 (Э)	679	1.1 1.2 1.3	2.1	3.5	4.1	5.2 5.3	6.1 6.3
7	Главный офис Сани ИРООТЕХ (Sany IROOTECH) Рис. 1ж	Гуанчжоу Китай	COM (SOM)	2020 (П) 2025 (В)	204	1.1 1.2 1.3	2.1 2.2	3.2 3.3 3.4 3.6 3.7	4.2 4.4	5.1 5.2 5.3	6.1 6.2 6.3
8	Главный офис Шэньчжэньск. сельского коммерч. Банка (Shenzhen Rural Commercial Bank Headquarters) Рис. 1з	Шэньчжень Китай	COM (SOM)	2020 (Э)	158	1.1 1.3	2.1 2.2	3.2 3.7	4.1 4.2	5.1 5.2 5.3	6.1 6.2 6.3
9	Финансовая башня Нинбо Гоуа (Ningbo Guohua) Рис. 1и	Нинбо Китай	COM (SOM)	2020 (Э)	206	1.1 1.2 1.3	2.1 2.3	3.3 3.6 3.7	4.1 4.2	5.1 5.2 5.3	6.1 6.2 6.3
10	Штаб-квартира Вибанк (WeBank) Рис. 1к	Шэньчжень Китай	COM (SOM)	2020 (П)	148	1.1 1.2 1.3	2.1 2.3	3.1 3.3 3.6 3.7	4.1 4.3 4.4	5.1 5.2	6.1 6.3
11	Башня Телус Скай (Telus Sky Tower) Рис. 1л	Калгари Канада	БИГ (BIG)	2020 (Э)	222	1.1 1.3	2.1 2.3	3.1 3.4 3.6	4.1 4.3 4.4	5.2	6.1 6.3
12	Башня на 29ой Западной улице (West 29th Street) Рис. 1м	Нью-Йорк США	БИГ (BIG)	2018 (П) 2023 (В)	168	1.3	2.1 2.2 2.3	3.1 3.3 3.6	4.1 4.4	5.2	6.1 6.3
13	Здание Коммерч. банка Тайчжуна (Taichung Commercial Bank Headquarters) Рис. 1н	Тайчжун Тайвань	Аэдас (Aedas)	2024 (Э)	225	1.1 1.3	2.1 2.3	3.1 3.3 3.5	4.1 4.3 4.4	5.2	6.1 6.3
14	Лахта-центр Рис. 1о	Санкт-Петербург Россия	Горпроект, РМЖМ (RMJM)	2011 (П) 2023 (В)	462	1.1 1.2 1.3	2.1 2.3	3.1 3.4 3.5	4.1 4.4	5.2	6.1

15	ОКО Рис. 1п	Москва Россия	СОМ (SOM), Пром- строй- проект	2016 (Э)	354 и 245	1.1 1.3	2.1 2.2	3.1 3.2	4.1 4.3 4.4	5.2	6.1
16	Башня Даксия (Daxia Tower) Рис. 1р	Сиань Китай	Заха Хадид (Zaha Hadid Arc.)	2022 (П)	210	1.1 1.3	2.1 2.3	3.1 3.3 3.4 3.6	4.1 4.4	5.2	6.1 6.2 6.3
17	Башня станции Тораномон- Хиллз (Toranomom Hills Station Tower) Рис. 1с	Токио Япония	ОМА (OMA)	2023 (Э)	256	1.1 1.2 1.3	2.1 2.3	3.1 3.2 3.3 3.6	4.1	5.2	6.1 6.3
18	Башни Цюаньхай Призма (Quianhai Prizma Towers) Рис. 1т	Шеньчжень Китай	БИГ (BIG)	2022 (П) 2025 (В)	250	1.1 1.3	2.1 2.3	3.1 3.3 3.6	4.1 4.3 4.4	5.2	6.1 6.2 6.3
19	Башня причального квартала (Quay Quarter Tower) Рис. 1у	Сидней Австралия	3*N (3XN- Nielsen, Nielsen & Nielsen)	2021 (Р)	216	1.1 1.3	2.1 2.2 2.3	3.1 3.2 3.3 3.6	4.1 4.3	5.1 5.2	6.1 6.2 6.3
20	Главный офис Ванке Групп (Vanke Group Headquaters) Рис. 1ф	Шеньчжень Китай	МВРДВ (MVRDV)	2019 (П)	250	1.1 1.3	2.1 2.3	3.3 3.6 3.7	4.1 4.3	5.2	6.1 6.2 6.3

Год\* – год окончания проектирования (П), возведения (В), сдачи в эксплуатацию (Э), реконструкции (Р).

## II. Перспективное конструктивное решение для высотных бизнес-центров: перекрестно-стержневая пространственная система как предшественник «пространственных сот» и основанные на ней концепции небоскребов XX века

Особое внимание сегодня в проектировании высотных бизнес-центров уделяется возможностям объемно-планировочной трансформации. Уникальными по своим архитектурно-планировочным решениям являются объекты реконструкции, где существующий небоскреб не сноится, а использует более 50% своей прежней конструктивной структуры, далее модифицируется и достраивается под актуальные задачи текущего времени. Так, например, в ходе реконструкции «Башни причального квартала (Quay Quarter Tower)» в Сиднее (рис. 1у) было сохранено до 65% колонн и перекрытий и до 95% стен транспортно-коммуникационного ядра. Идея такого частичного сохранения не только является перспективной с позиций «устойчивого развития», но и отчасти усиливает связь объекта с историей места. Небоскреб получил совершенно новое композиционно-пространственное решение: из прежнего прямоугольного объема была сформирована сложная конфигурация из нескольких блоков, повернутых относительно друг друга. Также была увеличена высота здания и разработан ряд предложений по организации и трансформации пространств для сотрудников – например, дополнительные модульные перекрытия для увеличения рабочей площади, которые можно встраивать в существующие атриумы.



Рис. 1. Современные высотные бизнес-центры: а) КэпитаСпринг; б) Спираль; в) Лиза СОХО; г) Шанхайская башня; д) Финансовый центр СИТИК; е) Мердека 118; ж) Главный офис Сани ИРООТЕХ; з) Главный офис Шэньчжэньского сельского коммерческого банка; и) Финансовая башня Нинбо Гохуа; к) Штаб-квартира Вибанк; л) Башня Телус Скай; м) Башня на 29ой Западной улице; н) Здание Коммерч. банка Тайчжуна; о) Лахта-центр; п) ОКО; р) Башня Даксия; с) Башня станции Тораномон-Хиллз; т) Башни Цюаньхай Призма; у) Башня причального квартала; ф) Главный офис Ванке Групп

Вместе с перечисленными тенденциями, такими как: повышение качества внутренней среды для сотрудников, увеличение роли общественных пространств, развитие приемов озеленения фасадов и формирование целых оазисов внутри бизнес-центров – выявляется и такой вектор проектирования, при котором в конструктив небоскреба закладывается большой потенциал для последующих изменений. Возникает вопрос поиска не только принципов, но и конкретных конструктивных решений и объемно-пространственных

компонентов, посредством которых будут реализовываться новые идеи в рассматриваемых объектах.

В ходе анализа современных направлений в формировании архитектуры высотных бизнес-центров, а также авторского экспериментального проектирования, подкрепленного математическим моделированием с проверкой на статические и динамические воздействия в программе «ЛИРА» в подтверждение своих гипотез, было сформулировано и выведено определение «пространственных сот<sup>12</sup>» (рис. 2).

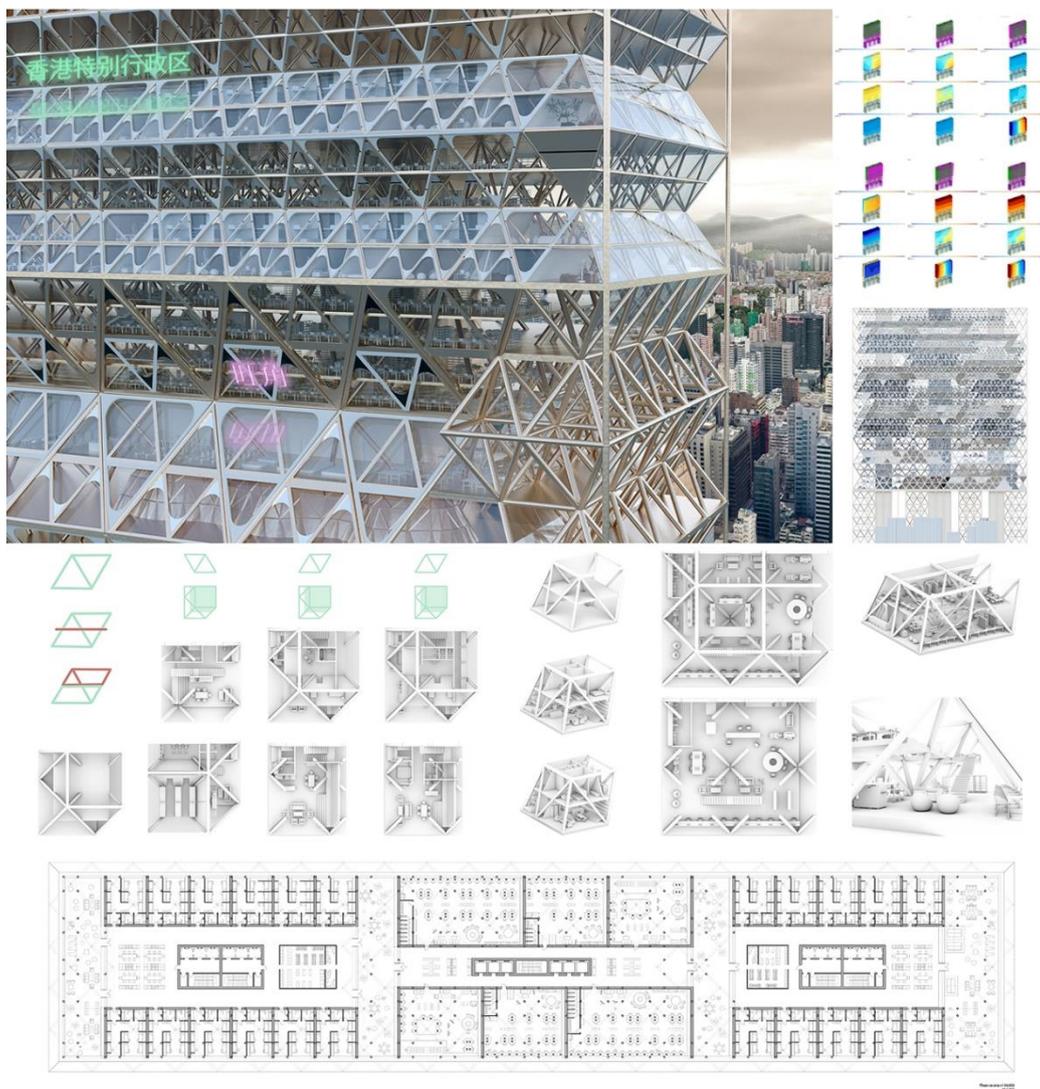


Рис. 2. Проект высотного здания в Гонконге: 3-д вид, фасад, схемы, расчет в программе ЛИРА

«Пространственные соты» разрабатываются в продолжение исследования перекрестно-стержневой пространственной конструкции (ПСПК) и перспективных форм ее использования, разработанной еще в 1938 г. М. Менгерингхаузенем («МЕРО») и нашедшей свое применение в основном в качестве покрытий и перекрытий большепролетных зданий

<sup>12</sup> Пространственная сота – геометрически неизменяемый пространственный модуль (структурная ячейка) из несущих стержневых стальных, железобетонных, сталежелезобетонных и деревоклееных конструкций высотных зданий (Болдырева П.С. Экспериментальный проект высотного здания с несущим остовом в виде пространственных сот // Наука, образование и экспериментальное проектирование: тезисы докладов международной научно-практической конференции. Москва: МАРХИ, 2020. Том 2. С. 274.)

и сооружений. При ряде таких достоинств, как материалоемкость, унифицированность, заводское производство и легкость транспортировки, сравнительно ограниченная область применения ПСПК обуславливалась трудоемкостью монтажа, а также сложностью внутренней функциональной и объемной организации объектов, при наличии наклонных стержней и плоскостей.

Несмотря на это в 1977 г. В. Шуллером была выдвинута гипотеза о перспективности применения ПСПК в высотном строительстве: «пространственные каркасы, по-видимому, отвечают функциональным требованиям высотных зданий: рамы могут заменять такие традиционные конструкции, как стены и перекрытия (балки), или разделять внутренний объем на отдельные замкнутые пространства» [5, с.231]. Также в 1960-80х гг. были предложены концептуальные проекты с применением ПСПК, совершенно отличным от привычного: «Городская башня (City tower)» (арх. Л. Канн и Э. Тинг, 1953г., Филадельфия, США, рис. 3 а), «Мгновенный город (Instant city)» (арх. С. Тигерман, 1966г., рис. 3б), «150-этажное административное здание (The 150-story Superframe tower)» (арх. А.Т. Свенсон, 1971г., Чикаго, США, рис. 3 в), а также ряд предложений Г. Гюншеля. Перечисленные работы были представлены как экспериментальные проекты, не имевшие на тот момент технических возможностей для апробации и математической верификации, доказывающей принципиальную возможность реализации такой архитектуры. Однако, при их поиске и анализе автором был выявлен ряд объемно-пространственных приемов, созвучных с выведенными современными тенденциями в строительстве высотных бизнес-центров:

- формирование спиралевидных очертаний общего объема, нивелирующих ветровое воздействие на объект;
- расширение спектра возможных конфигураций небоскребов и мега сооружений;
- повышение высотных отметок и увеличение объема здания;
- возможность изменения количества рабочих уровней и их высотности с течением времени (в период эксплуатации здания, его последующей модернизации, реконструкции);
- выразительность и вариативность пластики фасада;
- перспективность применения платоновых тел в архитектурном проектировании и др.

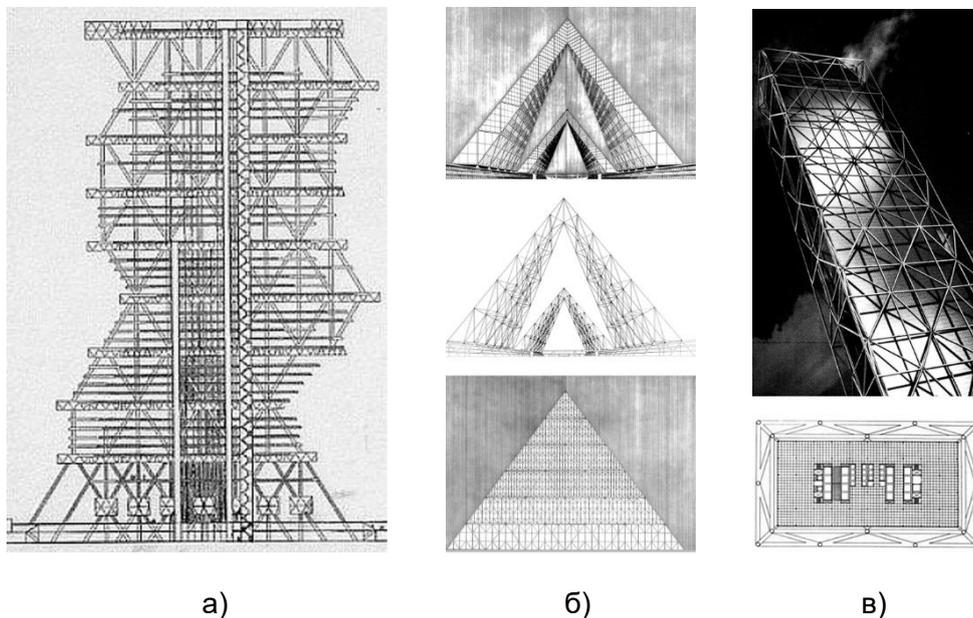


Рис. 3. Концептуальные проекты на основе ПСПК: а) «Городская башня (City tower)» (арх. Л. Канн и Э. Тинг), б) «Мгновенный город (Instant city)» (арх. С.Тигерман), в) «150-этажное административное здание (The 150-story Superframe tower)» (арх. А.Т. Свенсон)

Помимо перечисленного, с позиций архитектурно-конструктивного аспекта были определены основные конфигурации единичных модулей конструкции, соответствующих главному свойству «пространственных сот» – разграничению пространства на одинаковые

непересекающиеся ячейки, представляющие собой правильные и полуправильные многогранники. Также модули были ранжированы по целесообразности в зависимости от:

- количества стержневых элементов в узлах;
- степени триангуляции граней;
- необходимости дополнительных элементов, разделяющих основные модули на меньшие части и повышающие конструктивную жесткость;
- четкости архитектурно-пространственного восприятия пространственной системы и ее высотных уровней;
- комбинаторных возможностей и др.

Среди наиболее перспективных конфигураций единичного модуля «пространственных сот» были обозначены структуры из:

- а) пирамид и тетраэдров с треугольным основанием (рис. 4 а);
- б) пирамид и тетраэдров с квадратным основанием (рис. 4 б);
- в) ромбододекаэдров (рис. 4 в);
- г) ромбоусеченных кубооктаэдров, усеченных икосододекаэдров и кубов (рис. 4 г).

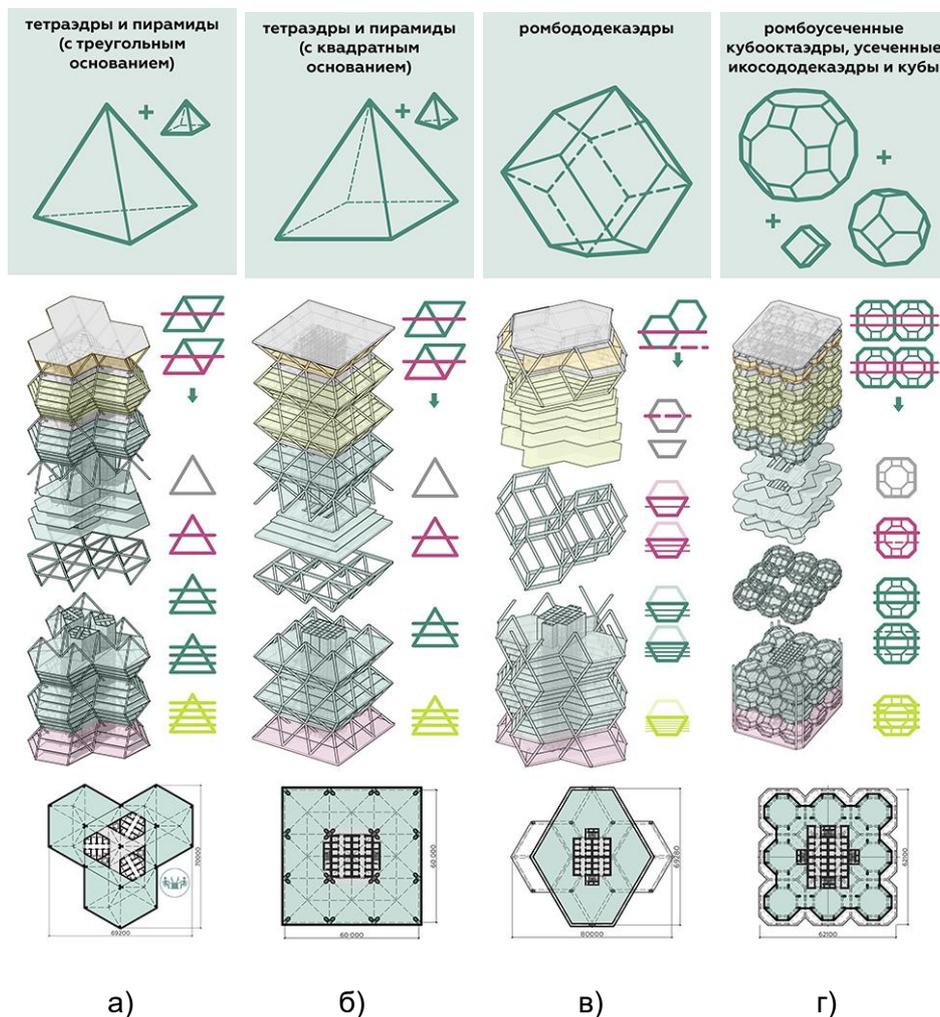


Рис. 4. Варианты единичных модулей «пространственных сот» и высотные структуры на их основе

### III. Корреляция характеристик и возможностей «пространственных сот» с выведенными тенденциями в архитектуре современных высотных бизнес-центров

Взаимосвязь характеристик и возможностей «пространственных сот» с выведенными тенденциями в архитектуре современных высотных бизнес-центров предлагается

рассмотреть с позиций ключевых аспектов формообразования: *функциональных, объемно-планировочных, архитектурно-художественных, конструктивных и инженерно-технических* (рис. 5).

1. *Функциональные* возможности «пространственных сот» включают:

- а) трансформацию планировочных схем с течением времени под широкий спектр сценариев, возможность изменения не только в пределах одной программы (рабочей), но и замены на совершенно иной род деятельности (рекреационной, торгово-развлекательной и др.);
- б) обеспечение рентабельности и «жизнеспособности» здания к изменяющимся условиям корпоративного взаимодействия в рамках непредвиденных обстоятельств – например, пандемии и др.;
- в) увеличение производственного потенциала высотных деловых комплексов посредством включения в их структуру вертикальных ферм (в контексте набирающих популярность тенденций «устойчивого развития»).

2. *Объемно-планировочный* потенциал пространственных сот выражается в:

- а) росте общей высоты здания при сохранении привычного диапазона площади рабочего уровня – как следствие, изменению традиционных пропорций, соотношения стороны основания к высоте;
- б) многообразии объемно-пространственных решений (уход от модели небоскреба Мис ван дер Роэ «здание-пластина»),
- в) возможности создавать наклонные и консольные высотные объекты, а также многоствольные композиции с различными горизонтальными связями; особенно – спиралевидные башни и небоскребы с проемами – варианты конфигурации башен, в которых будет нивелироваться ветровое воздействие;
- г) перспективе формировать общественные пространства и артикулировать их в структуре фасада – «небесные двory», «многоуровневые сады-оазисы», высотные парки и фермы и др.;
- д) вариативности решения двойных оболочек ограждающих конструкций и «мезопространств»;
- е) адаптивности и гибкости трансформации офисных планировок;
- ж) обширных комбинаторных возможностях.

3. В контексте *архитектурно-художественных тенденций* «пространственные соты» позволяют:

- а) увеличить выразительность пластики фасада – создать складчатые и пиксельные поверхности;
- б) ввести категорию времени с возможностью достраивать, убирать, объединять или разграничивать ячейки существующей структуры.

4. С позиций современных *конструктивных решений* и набирающего популярность вектора на материалоемкость «пространственные соты» являются достойной альтернативой такому приему как топологическая оптимизация, более того могут быть применены в различных формах и комбинациях с другими системами:

- а) в качестве ограждающей оболочки, воспринимающей значительную часть ветровых воздействий;
- б) в комплексе с пространственными перекрытиями, или дополнительными поясами жесткости;
- в) в варианте гомогенной сотовой системы, в которой стержневые элементы являются формообразующими как во внешней, так и во внутренней структуре башни.

5. Рассматривая *инженерно-технический* аспект «пространственные соты» позволяют:

- а) увеличить площадь фотоэлектрических панелей и их угол восприятия солнечных лучей для последующего преобразования энергии;

б) более активно внедрить возобновляемые источники энергии (ВИЭ<sup>13</sup>) в структуру небоскребов с учетом современных задач на нулевое потребление и автономность в вопросе потребляемых ресурсов.



Рис. 5. Обоснование выбора пространственных структур и их преимущества при формировании высотных бизнес-центров (ВБЦ). Взаимосвязь возможностей пространственных сот с выявленными тенденциями в архитектурном проектировании ВБЦ

### Выводы

Сегодня темп высотного строительства растет в геометрической прогрессии. Высотные бизнес-центры ставят новые задачи перед архитекторами и специалистами смежных профессий. Непрерывно идет поиск новых композиционно-пластических, планировочных, объемно-пространственных и инженерно-технических приемов, формирующих облик современных небоскребов.

Автором было проведено исследование, в ходе которого были выявлены не только современные тенденции в архитектуре высотных бизнес-центров, но и в контексте

<sup>13</sup> Возобновляемый (альтернативный ископаемому топливу) источник энергии – устройство или сооружение, позволяющее получать требуемый вид энергии (Семикин П.П. Принципы формирования архитектуры высотных зданий с возобновляемыми источниками энергии: специальность 05.23.21 «Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности»: диссертация кандидата архитектуры / Семикин Павел Павлович; Московский архитектурный институт. Москва, 2014. 153 с.)

выявленных направлений найдено новое конструктивное решение рассматриваемых зданий – «пространственные соты». В ходе экспериментального проектирования были выведены следующие аспекты формообразования архитектуры высотных бизнес-центров, раскрывающие «пространственные соты» как перспективное конструктивное решение:

- повышенная жесткость и способность перераспределять конструктивные нагрузки;
- большая вариативность возможных конфигураций высотного объекта, его архитектурно-пространственных характеристик;
- повышение выразительности пластики фасада;
- унифицированность конструктивных элементов и возможность их замены при истечении срока эксплуатации, или деформации;
- высокая степень адаптивности планировочных решений с течением времени в зависимости от меняющихся функциональных задач и потребностей как фирм-арендаторов, так и компаний-резидентов.

Практическая значимость полученных результатов заключается в расширении возможностей архитектурного формирования высотных объектов; они могут быть применены как в экспериментальных разработках, конкурсных концепциях и предложениях по небоскрегам, так и при составлении реальных технических заданий на проектирование ВБЦ.

### Источники иллюстраций

Рис. 1а. URL: <https://archi.ru/projects/world/17975/bashnya-capitaspring> (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 1б. URL: <https://www.archdaily.com/781752/big-to-extend-high-line-vertically-with-spiral-tower> (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 1в. URL: <https://archi.ru/projects/world/15068/bashnya-leeza-soho> (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 1г. URL: <https://architecturebest.com/shankhayskaya-bashnya-shanghai-tower/> (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 1д. URL: <https://www.som.com/projects/citic-financial-center/> (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 1е. URL: <https://www.skyscrapercenter.com/building/merdeka-118/10115> (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 1ж. URL: <https://www.som.com/projects/sany-irootech-headquarters/> (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 1з. URL: <https://www.skyscrapercenter.com/building/shenzhen-rural-commercial-bank-headquarters/22576> (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 1и. URL: <https://www.skyscrapercenter.com/building/ningbo-guohua-financial-tower/21995> (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 1к. URL: <https://www.jzda001.com/index/index/details?type=1&id=13135> (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 1л. URL: <https://archi.ru/projects/world/8170/bashnya-telus-sky> (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 1м. URL: <https://www.archdaily.com/891861/images-revealed-of-bigs-latest-new-york-city-skycraper> (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 1н. URL: <https://www.skyscrapercenter.com/building/taichung-commercial-bank-headquarters/32791> (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 1о. URL: <https://lakhta.center/> (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 1п. URL: <https://www.arendator.ru/objects/30303-oko/#gallery-1> (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 1р. URL: <https://www.archdaily.com/1004968/zaha-hadid-architects-unveils-the-design-of-the-daxia-tower-in-china> (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 1с.

URL: [https://www.mori.co.jp/en/projects/toranomonhills\\_area/toranomonhills\\_stationtower/](https://www.mori.co.jp/en/projects/toranomonhills_area/toranomonhills_stationtower/) (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 1т. URL: <https://www.archdaily.com/996405/big-wins-competition-to-design-qianhai-prisma-towers-in-shenzhen> (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 1у. URL: <https://www.archdaily.com/991922/3xns-quay-quarter-tower-in-sydney-wins-the-international-high-rise-award-2022-23> (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 1ф. URL: <https://www.archdaily.com/908071/mvrdv-redefines-the-skyscraper-as-a-3d-city-in-shenzhen/5c1a777008a5e516a3000980-mvrdv-redefines-the-skyscraper-as-a-3d-city-in-shenzhen-photo> (дата обращения: 20.12.2023).

Рис. 2. Авторский проект «Высотное здание в Гонконге»: 3-д вид, фасад, схемы, расчет в программе ЛИРА (Ранее опубликован. URL: <https://archi.ru/russia/94166/zolotaya-medal-marhi> (дата обращения: 22.12.2023)).

Рис. 3а. URL: <https://www.re-thinkingthefuture.com/know-your-architects/a1379-anne-tyng-15-iconic-projects/> (дата обращения: 22.12.2023).

Рис. 3б. Arts&Architecture. Vol. 83, no. 5, 1966, p. 18.

Рис. 3в. The architectural Forum. September 1971, pp. 58-59.

Рис. 4, 5. Авторские схемы.

### Список источников

1. Магай А.А. Моделирование функциональных структур высотных зданий // Жилищное строительство. 2016. № 12. С. 17-21.
2. Маклакова Т.Г. Высотные здания. Градостроительные и архитектурно-конструктивные проблемы проектирования: монография. Москва: Издательство АСВ, 2008. 160 с.
3. Ульянова Е.В. Общественное пространство современного высотного здания. Эволюция структуры и функции: дис. канд. архитектуры: 2.1.12 / Ульянова Елена Вячеславовна. Москва, 2021. 370 с.
4. Ульянова Е.В. Структура и функция общественного пространства высотного здания // Architecture and Modern Information Technologies. 2017. № 3 (40). С. 61-76. URL: [https://marhi.ru/AMIT/2017/3kvart17/PDF/05\\_ulyanova.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2017/3kvart17/PDF/05_ulyanova.pdf) (дата обращения: 29.11.2023).
5. Шуллер В. Конструкции высотных зданий; пер. Л.Ш. Килимника; под ред. Г.А. Казиной. Москва: Стройиздат, 1979. 248 с.
6. Юсуфов С.С. Тенденции строительства бизнес-центров в России / С.С. Юсуфов, В.В. Малахова // Инновационное развитие строительства и архитектуры: взгляд в будущее: сборник тезисов. V международный студенческий строительный форум. Симферополь: КФУ, 2021. 31-34 с.
7. СТБУН Year in Review: Tall Trends of 2022 // СТБУН, 2022. URL: [https://global.ctbuh.org/resources/papers/4618-Journal2023\\_Issue1\\_YIR.pdf](https://global.ctbuh.org/resources/papers/4618-Journal2023_Issue1_YIR.pdf) (дата обращения: 15.12.2023).
8. Gabel J. Tall trends: quantifying the skyscraper phenomenon // СТБУН, 2018. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183301012> (дата обращения: 17.12.2023).

### References

1. Magai A.A. Simulation of functional structures of high-rise buildings. Housing construction, 2016, no. 12, pp. 17-21.
2. Maklakova T.G. *Vysotnyye zdaniya. Gradostroitel'nyye i arkhitekturno-konstruktivnyye problemy proyektirovaniya* [High-rise buildings. Urban planning and architectural design problems. Monograph]. Moscow, ASV Publishing House, 2008, p.160.

3. Ulyanova E.V. *Obshchestvennoye prostranstvo sovremennogo vysohnogo zdaniya. Evolyutsiya struktury i funktsii (kand. dis.)* [Public space of a modern high-rise building. Evolution of structure and function (Cand. Dis)]. Moscow, 2021, p. 370.
4. Ul'yanova E. Structure and Function of Public Space in the High-Rise Building. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2017, no. 3(40), pp. 61-76. Available at: [http://marhi.ru/eng/AMIT/2017/3kvart17/05\\_ulyanova/index.php](http://marhi.ru/eng/AMIT/2017/3kvart17/05_ulyanova/index.php)
5. Schuller V. *Konstruktsii vysoknykh zdaniy* [Designs of high-rise buildings]. Moscow, 1979, 248 p.
6. Yusufov S.S. Malakhova V.V. *Tendentsii stroitel'stva biznes-tsentrov v Rossii* [Trends in the construction of business centers in Russia. Innovative development of construction and architecture: a look into the future: collection of abstracts. V international student construction forum]. Simferopol, 2021, pp. 31-34.
7. CTBUH Year in Review: Tall Trends of 2022. CTBUH, 2022. Available at: [https://global.ctbuh.org/resources/papers/4618-Journal2023\\_Issue1\\_YIR.pdf](https://global.ctbuh.org/resources/papers/4618-Journal2023_Issue1_YIR.pdf)
8. Gabel J. Tall trends: quantifying the skyscraper phenomenon. CTBUH, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183301012>

## ОБ АВТОРЕ

### **Болдырева Полина Сергеевна**

Аспирант кафедры «Архитектура промышленных сооружений», Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия  
[polinagreen95@gmail.com](mailto:polinagreen95@gmail.com)

## ABOUT THE AUTHOR

### **Boldyreva Polina S.**

Postgraduate Student of the Department of «Architecture of Industrial Structures»,  
Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia  
[polinagreen95@gmail.com](mailto:polinagreen95@gmail.com)