



Строительные материалы и изделия Construction Materials and Products

ISSN
2618-7183

journal homepage: <https://bstu-journals.ru>

DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-4-69-85



Анализ мирового опыта строительства высотных зданий и обоснование организационно-технологических решений высотного строительства

Жаров А.Н.*¹ 

¹ Российский университет дружбы народов, Россия

*Ответственный автор E-mail: zharov-an@rudn.ru

Аннотация: высотное строительство – актуальный путь развития современных мегаполисов в условиях постоянного роста численности городского населения и сопутствующего этому дефицита земельных участков для строительства объектов жилищно-гражданского назначения. При этом нужно сохранить то градостроительное наследие, которое формирует индивидуальный характер города. В связи с чем необходимо ориентироваться, с одной стороны, на историко-культурные особенности городской среды и имеющиеся в наличии городские ресурсы, с другой стороны, следует стремиться к индивидуальным архитектурным и градостроительным решениям, которые сделают строящиеся высотные здания привлекательными как для инвесторов, так и для градостроительного облика города и привлечения туристов. Однако для реализации творческих идей при строительстве высотных зданий необходим поиск адекватных технологических решений, что нередко является сложной задачей, особенно в условиях плотной городской застройки.

Цель статьи - обоснование организационно-технологических решений высотного строительства в условиях плотной городской застройки.

В работе осуществлен анализ опыта строительства высотных зданий и представлено обоснование организационно-технологических решений высотного строительства в условиях плотной городской застройки.

На основе проведенного исследования показана возможность повышения эффективности управления процессом высотного строительства путем усовершенствования метода обоснования и выбора рациональных организационно-технологических решений сооружения высотных зданий, направленных на эффективное использование ресурсов и уменьшение стоимости строительной продукции благодаря учету градостроительной ценности территорий и комплексного влияния факторов энергосбережения и экологичности. При этом результаты исследования показали, что при строительстве высотных зданий с развитой подземной частью в условиях плотной городской застройки необходимо решение ряда сложных технических проблем, связанных с технологическими особенностями строительства и обеспечением устойчивости имеющейся застройки. Тем не менее современные строительные технологии и оборудование позволяют осуществить выбор доступных методов строительства высотных зданий с подземными соору-

жениями, например, технология «вверх – вниз», позволяющая практически одновременно вести работы по устройству подземной и наземной частей здания, что соответственно ускоряет сроки строительства зданий, в первую очередь высотных и повышенной этажности.

Результаты исследования могут быть использованы в практике высотного строительства в условиях плотной городской застройки.

Ключевые слова: высотное строительство, высотное здание, строительно-монтажные работы, метод строительства «вверх – вниз»

Для цитирования: Жаров А.Н. Анализ мирового опыта строительства высотных зданий и обоснование организационно-технологических решений высотного строительства // Строительные материалы и изделия. 2023. Том 6. № 4. С. 69 – 85. DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-4-69-85

Analysis of International Experience in the Construction of High-Rise Buildings and Justification of Organizational and Technological Solutions for High-Rise Construction

Zharov A.N.* ¹ 

¹ Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Russia

**Corresponding author E-mail: zharov-an@rudn.ru*

Abstract: High-rise construction is an urgent way of development of modern megacities in conditions of constant growth of the urban population and the accompanying shortage of land for the construction of residential and civil facilities. At the same time it is necessary to preserve the urban planning heritage, which forms the individual character of the city. On the one hand it is necessary to orient to historical and cultural peculiarities of urban environment and available urban resources, on the other hand it is necessary to strive for individual architectural and urban solutions that would make the high-rise buildings under construction attractive for investors as well as for the urban appearance of the city and attract tourists. However, for the realization of creative ideas in the construction of high-rise buildings is necessary to search for adequate technological solutions, which is often a difficult task, especially in conditions of dense urban development.

The objective of the article is substantiation of organizational and technological solutions for high-rise construction under the conditions of dense urban development.

The analysis of experience in the construction of high-rise buildings has been carried out and substantiation of organizational and technological solutions of high-rise construction under the conditions of dense urban building has been provided in the paper.

On the basis of the conducted research there has been shown a possibility of increasing the efficiency of high-rise building management by means of improving the method of substantiation and selection of rational organizational and technological solutions of high-rise building construction, aimed at effective use of resources and reduction of the cost of construction output due to taking into account the urban planning value of territories and the complex influence of energy saving and environmental factors. At the same time the study results showed that during the construction of high-rise buildings with a developed underground part in the conditions of dense urban development it is necessary to solve a number of complex technical problems associated with technological features of construction and ensuring the stability of the existing building. Nevertheless, modern construction technologies and equipment make it possible to carry out a choice of available methods of construction of high-rise buildings with underground structures, for example, the technology "up - down", which makes it possible to carry out work on the underground and aboveground parts of the building almost simultaneously and thus accelerates construction time of buildings, especially high-rise and high-rise.

The results of the study can be used in the practice of high-rise construction in dense urban development.

Keywords: high-rise construction, high-rise building, construction and installation works, up-and-down construction method

Please cite this article as: Zharov A.N. Analysis of International Experience in the Construction of High-Rise Buildings and Justification of Organizational and Technological Solutions for High-Rise Construction. Construction materials and products. 2023. 6 (4.) P. 69 – 85. DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-4-69-85

ВВЕДЕНИЕ

Проблема исследования. В современном развитии крупных городов имеют место тенденции перемещения предприятий за пределы городов с последующей застройкой освобожденных территорий и дальнейшего уплотнения существующей городской застройки за счет строительства многоэтажных и высотных зданий [1, 2].

В проектировании и сооружении высотных зданий в условиях плотной городской застройки следует учитывать, что существующая городская инфраструктура и пространство формировались без учета возможности создания здания большой функциональной емкости [3, 4]. Некачественное выполнение специалистами и застройщиками анализа возможностей участка может повлечь за собой перегрузку территории и нарушение постоянной работы городской инфраструктуры, что повлияет на жизнедеятельность жителей города [5]. Это требует разработки и внедрения современных архитектурных, конструктивных и организационно-технологических решений относительно рациональной организации строительных работ при минимизации негативного влияния от выполнения работ на существующую застройку [6].

Поэтому сооружению высотных построек должен предшествовать комплексный анализ территорий города с определением возможных местоположений таких зданий и определением возможности их концентрации [7], для чего необходима подготовка по их адаптации под потребности высотного строительства [8].

Анализ градостроительного развития городов России, особенно больших, таких как Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Ростов-на-Дону, Новосибирск, позволяет говорить о том, что у современных городов почти нет возможностей территориального расширения или оно бывает существенно затруднено, которое, к тому же, потребует значительных затрат на подготовку территории к строительству [9, 10].

Рост численности городского населения (в том числе из-за предлагаемых в городах экономических возможностей) вызвал дефицит земельных участков для строительства объектов жилищно-гражданского назначения. При этом вопрос обеспечения населения жильем с высоким уровнем благоустройства, высокими потребительскими и эксплуатационными качествами, является достаточно актуальным.

На сегодняшний день, в связи с дефицитом различных видов ресурсов, актуальность также приобретает задача совершенствования существующих и создание новых моделей компактного города [11], предусматривающих сдерживание территориального разрастания города для уменьшения нагрузок и затрат на инженерно-транспортную инфраструктуру, приоритет внутреннего развития и обустройства города [12], рациональное использование свободных городских земельных ресурсов [13], модернизацию и реновацию устаревшего жилищного фонда, обновление деградированных промышленно-складских и других территорий [14].

Такой тип развития, с акцентом на высокотехнологичные, малоресурсоемкие, экофильные виды деятельности, обеспечит как создание высокооплачиваемых рабочих мест, повышение трудовой мотивации, достижение рациональной структуры занятости, так и улучшение экологической ситуации, обеспечение инновационной привлекательности городов и рост доходности городских бюджетов в целях исполнения инфраструктурных и социальных городских программ развития [15].

На этом фоне для решения проблем обеспечения населения жильем, повышения качества жилищных условий, создания новых рабочих мест, сбалансированности расселения и занятости целесообразной выглядит альтернатива строить в городах высотные здания с разным функциональным наполнением, используя существующую инфраструктуру и не нарушая природную среду и ландшафтные зоны [16].

При этом должен быть обеспечен рост энергосбережения и ресурсосбережения высотных зданий, снижение сроков их строительства, стоимости и эксплуатационных затрат, внедрение технологий строительства, обеспечивающих их экологичность [17, 18].

Все вышеперечисленное требует разработки и внедрения современных архитектурных, конструктивных и организационно-технологических решений относительно рациональной организации строительных работ при минимизации негативного влияния от выполнения работ на существующую застройку.

Обзор литературы. В последние десятилетия получили развитие исследования, посвященные анализу проблем проектирования и реализации проектов высотных зданий, развитию научных основ технологии и организации строительно-монтажных процессов, связанных с сооружением высотных зданий. К таковым относятся труды, в которых осуществлен поиск рациональных организационно-технологических решений строительства высотных зданий [19], разработаны прогрессивные строительные материалы и технологии [20, 21]; создан инструментарий обеспечения точности геометрических параметров конструкций высотных построек, в том числе вертикальных элементов жесткости и колонн [22, 23]; предложено решение по комплексной безопасности и противопожарной защите [24]; разработаны рекомендации по обоснованию организационно-технологических решений сооружения высотных многофункциональных комплексов, обеспечивающих ввод в эксплуатацию объектов с заданными технико-экономическими характеристиками [25, 26].

Проблемам высотного строительства посвящены исследования в области архитектурных решений [27-29], строительных конструкций [30, 31], строительного материаловедения [32] и экологии [33].

Так, в известной работе Т.Г. Маклаковой [34] значительное внимание уделено анализу выразительных средств архитектурной композиции высотных построек и их комплексов с учетом существенного влияния на художественный вид и силуэт застройки городов.

Авторы [35, 36] в целом склонны считать высотные здания наиболее оптимальными с экономической и энергетической точки зрения структурами жизненного пространства мегаполисов и выделяют ряд других положительных черт, среди которых символическая и образная.

В исследованиях [37, 38] главное внимание сконцентрировано на функциональных, планировочных и биологических аспектах, вопросах самодостаточности и биоклиматичности высотных зданий; создании так называемых «зеленых» высотных построек. Подход [39] заключается в проектировании высотных зданий как объектов, интерактивно взаимодействующих с окружающей средой, экономичных в строительстве и эксплуатации, обеспечивающих высокий уровень комфорта внутри здания, прежде всего благодаря применению пассивных энергосберегающих методов.

Несмотря на наличие достаточно большого количества основательных работ по разным аспектам высотного строительства, до сих пор отсутствует исчерпывающий анализ мирового опыта высотного строительства, на основании которого может быть дано научное обоснование организационно-технологических решений сооружения высотных зданий в условиях плотной городской застройки, учитывающее специфические условия биосферной совместимости таких объектов, а также градостроительную ценность территорий, что требует дальнейших исследований в этом направлении.

Цель статьи – обоснование организационно-технологических решений высотного строительства в условиях плотной городской застройки.

Задачи исследования:

1. осуществить анализ зарубежного и отечественного опыта строительства высотных зданий;
2. дать обоснование организационно-технологических решений высотного строительства в условиях плотной городской застройки.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Обоснование организационно-технологических решений высотного строительства в условиях плотной городской застройки с использованием существующего отечественного и мирового опыта высотного строительства демонстрирует актуальное направление градостроительного развития российских городов.

В связи с новизной изучаемого феномена и исследовательским характером поставленной цели был выбран качественный исследовательский подход.

Для достижения поставленной в исследовании цели нами был определен ориентировочный комплекс методов исследования: методы исторического и урбанистического анализа при анализе отечественного и зарубежного опыта строительства высотных зданий, а также метод обобщения для обоснования организационно-технологических решений высотного строительства в условиях плотной городской застройки.

На первом этапе проведения исследования были отобраны источники информации, необходимые для реализации цели исследования: статьи, опубликованные в журналах, индексируемых Scopus и Web of Science, по проблеме исследования. Источниковая база была ограничена требованием бесплатного доступа к необходимым материалам. Результаты поиска показали наличие более 100 научных статей и монографий. В целях повышения достоверности результатов исследования было решено осуществить анализ надежности источниковой базы посредством опроса по электронной почте 15 экспертов в сфере высотного строительства. Экспертам одновременно отправлялось одинаковое электронное письмо и отводилось равное количество календарных дней для ответа, что позволило предоставить для экспертов равные условия. Результаты экспертного опроса ограничили источниковую базу и позволили оценить ее надежность по шкале Харрингтона (0,75 балла – высокое значение).

На втором этапе исследования были использованы методы исторического и урбанистического анализа, направленные на изучение зарубежного и отечественного опыта строительства высотных зданий. Он включает в себя три основных стадии: определение объекта изучения - в нашем случае, опыта строительства высотных зданий; сбор материалов о выбранном объекте посредством кабинетного исследования; систематизацию данных.

На третьем этапе исследования был использован метод обобщения для обоснования организационно-технологических решений высотного строительства в условиях плотной городской застройки.

На четвертом этапе исследования проводилось обобщение собранной информации, с оформлением и предоставлением полученных результатов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ мирового опыта строительства высотных зданий

Изначально для классификации высотных построек был принят критерий высоты, а не этажности, поскольку высота этажа может быть разной в зависимости от функционального назначения объекта (гостиницы, офисы, жилье и т.п.). Чаще всего высотное здание представляет собой многофункциональный комплекс, в котором помимо основных помещений размещаются автомобильные паркинги, супермаркеты, кинотеатры и т.д. [40].

Появление высотного строительства связано с периодом зарождения высотного здания как новой проектно-архитектурной единицы так называемой «чикагской школы» и последующего ее развития в нью-йоркской практике. При этом сформировались приемы группового размещения высотных построек и преимущественно монофункциональное назначение с формированием делового центра города [16]. Позже в высотном строительстве появились принципы экологичности и информационности.

За долгое время в США накопился значительный опыт; разработаны нормативы, соблюдение которых строго контролируется; проектно-строительные организации, которым разрешено проектировать и строить такие здания, имеют специальные лицензии.

В табл. 1 сведены сведения о наиболее высоких зданиях США, введенных в эксплуатацию.

Таблица 1. Топ-10 наиболее высоких зданий США, введенных в эксплуатацию (на 1.01.21)
Table 1. Top 10 tallest buildings in the U.S. (as of Jan. 1, 21)

№	Название здания	Местонахождение	Высота, м	Этажность	Год введения в эксплуатацию	Материал конструкции	Основное назначение
1	World Trade Center 1	Нью-Йорк (США)	541,3	104	2013	К	О
2	Central Park Tower	Нью-Йорк (США)	472	130	2020	К	Ж
3	Willis Tower	Чикаго (США)	443,2	110	1974	С	О
4	Steinway Tower	Нью-Йорк (США)	435	84	2019	К	Ж
5	One Vanderbilt	Нью-Йорк (США)	427	67	2020	К	О
6	432 Park Avenue	Нью-Йорк (США)	425,7	85	2015	С/Б	Ж
7	Trump International Hotel & Tower	Чикаго (США)	415,2	96	2009	С/Б	Ж/Г
8	30 Hudson Yards	Нью-Йорк (США)	386	103	2019	Б	О
9	Empire State Building	Нью-Йорк (США)	381	102	1931	С/Б	О
10	Bank of America Tower	Нью-Йорк (США)	365,8	54	2009	С/Б	О

Примечание: С – сталь, Б – бетон, К – композит, О – офис, Г – гостиница, Ж – жилье

В Европе и Китае для строительства высотных зданий сначала привлекались американские фирмы, и только после многолетнего сотрудничества с ними и тщательного изучения нормативной базы начинали проектировать и строить собственными силами.

Сооружение высотных зданий жилого назначения сегодня присуще преимущественно азиатским странам. Основные инициаторы такого строительства – Китай, Тайвань, Израиль, Объединенные Арабские Эмираты, другие страны Ближнего и Дальнего Востока [41] (табл. 2).

Таблица 2. Топ-25 наиболее высоких зданий азиатских стран, введенных в эксплуатацию (на 1.01.21)
Table 2. Top 25 tallest buildings of Asian countries commissioned (as of January 1, 21)

№	Название здания	Местонахождение	Высота, м	Этажность	Год введения в эксплуатацию	Материал конструкции	Основное назначение
1	Burj Khalifa	Дубай (ОАЭ)	828	163	2010	С/Б	О/Ж/Г
2	Shanghai Tower	Шанхай (Китай)	632	128	2015	К	Г/О
3	Makkah Royal Clock Tower	Мекка (Саудовская Аравия)	601	120	2012	С/Б	Г/другое
4	Ping An Finance Center	Шэньчжэнь (Китай)	599,1	115	2017	К	О
5	Lotte World Tower	Сеул (Южная Корея)	554,5	123	2017	К	Г/Ж/О/ другое
6	Guangzhou CTF Finance Centre	Гуанчжоу (Китай)	530	111	2016	К	Г/Ж/О
7	China Zun	Пекин (Китай)	527,7	109	2018	К	О
8	TAIPEI 101	Тайбэй (Тайвань)	508	101	2004	К	О
9	Shanghai World Financial Center	Шанхай (Китай)	492	101	2008	К	Г/О
10	International Commerce Center	Гонконг (Китай)	484	108	2010	К	Г/О

Продолжение таблицы 2
Continuation of Table 2

11	Vincom Landmark 81	Хошимин (Вьетнам)	461,3	81	2018	К	Г/Ж
12	Changsha IFS Tower T1	Чанша (Китай)	452,1	94	2018	К	Г/О
13	Petronas Twin Tower 1	Куала-Лумпур (Малайзия)	451,9	88	1998	К	О
14	Petronas Twin Tower 2	Куала-Лумпур (Малайзия)	451,9	88	1998	К	О
15	Zifeng Tower	Нанкин (Китай)	450	66	2010	К	Г/О
16	KK100	Шэньчжэнь (Китай)	441,8	100	2011	К	Г/О
17	Guangzhou International Finance Center	Гуанчжоу (Китай)	438,6	103	2010	К	Г/О
18	Marina 101	Дубай (ОАЭ)	425	101	2017	Б	Ж/Г
19	Jin Mao Tower	Шанхай (Китай)	420,5	88	1999	К	Г/О
20	Princess Tower	Дубай (ОАЭ)	413,4	101	2012	С/Б	Ж
21	Al Hamra Tower	Эль-Кувейт (Кувейт)	412,6	80	2011	Б	О
22	23 Marina	Дубай (ОАЭ)	392,4	88	2012	Б	Ж
23	Burj Mohammed Bin Rashid	Абу-Даби (ОАЭ)	381,2	88	2014	Б	Ж
24	Elite Residence	Дубай (ОАЭ)	380,5	87	2012	Б	Ж
25	The Torch	Дубай (ОАЭ)	352	86	2011	Б	Ж

Примечание: С – сталь, Б – бетон, К – композит, О – офис, Г – гостиница, Ж – жилье

Следует отметить, что в китайских мегаполисах (Шанхай, Пекин, Шэньчжэнь) высотные здания сооружаются, как правило, из монолитного железобетона, так как сейсмичность в некоторых китайских регионах достигает величины в 8-9 баллов, и при таких сейсмических воздействиях железобетонный каркас прогнозируемо обеспечивает сейсмоустойчивость [20].

В странах Европы высотное жилищное строительство не слишком популярно. Высотные здания в исторических центрах европейских городов – это скорее дань современным архитектурным тенденциям. Высотные объекты часто диссонируют с исторической застройкой, поэтому к их проектированию подходят осторожно [42]. Европейские высотные здания – это, как правило, офисы и отели, а жилье в них чаще всего относится к премиум-классу. Отсюда положительное отношение к высотным зданиям, являющимся архитектурными доминантами. Они не только формируют силуэт города, но помогают ориентироваться в нем. Кроме того, подобные доминанты подчеркивают окружающую историческую застройку.

При этом, например, в Амстердаме, Мадриде и Барселоне высотные здания можно возводить только вне исторического центра.

В Германии каждый город без помощи других устанавливает предельную высоту постройки. К примеру, в Мюнхене, чтобы сохранить историческую панораму города, ввели ограничение – 100 м. Совершенно противоположная ситуация во Франкфурте-на-Майне, где сконцентрировано наибольшее количество высотных зданий в стране. Большая часть города была разрушена во время Второй мировой войны. Новый Франкфурт начал развиваться по североамериканскому образцу, когда центр города застраивается высотными сооружениями. Наиболее популярные здания города поражают своими размерами. Это, например, Коммерцбанк, высота которого составляет 259 м, здание Европейского центрального банка и башни-близнецы Дойче-банк [11].

При эксплуатации высотных домов владельцы и служба сталкиваются с проблемой создания дополнительных парковочных мест, особенно в центре городов, где наблюдается загруженность автодорог и автостоянок [17].

Учитывая, что в России индивидуальное строительство находится в начальной стадии реализации, при этом большинство горожан не готово жить за городом на постоянной основе, а

стоимость участков земли достаточно высокая, для российской практики строительства высотных зданий наибольшее значение имеет опыт стран Европы, т.е.:

- последовательное сосредоточение усилий на ограниченном количестве земельных участков в черте города;
- подчиненность проекта строительства высотных зданий принципам встроенного урбанизма в сочетании с комплексностью строительства и многоуровневым расположением транспортных сетей;
- реализация комплексности строительства за счет сочетания в высотных зданиях объектов различного функционального предназначения, так чтобы их объемно-планировочное решение наиболее адекватно соответствовало их функции;
- сочетание в высотном здании широкой номенклатуры объектов (офисы, отели, сервисные центры, учебно-воспитательные учреждения, торговые комплексы, развлекательные и спортивные объекты) в целях создания достаточного количества рабочих мест для полноценного обслуживания.

Анализ отечественного опыта строительства высотных зданий

В России, согласно [7], высотным является здание с условной высотой более 75 м или более 25 этажей. Перечень наивысших существующих высотных зданий России с распределением по территориальному признаку и годам построения приведен в табл. 3.

Таблица 3. Топ-10 высотных зданий России (на 1.05.23)

Table 3. Top 10 high-rise buildings in Russia (as of 1.05.23)

№	Название здания	Высота здания, м	Количество этажей	Год постройки	Место-нахождение
1	Лахта-центр	462	87	2018	Санкт-Петербург
2	Башня «Восток» МФК «Федерация»	373,7	95	2017	Москва
3	Южная башня МФК «Око»	354,1	85	2016	Москва
4	Neva Towers (жилая башня)	345	79	2019	Москва
5	Меркурий	340,1	75	2014	Москва
6	Евразия	308,9	72	2015	Москва
7	Neva Towers (офисная/жилая башня)	302	68	2020	Москва
8	«Москва» комплекса «Город столиц»	301,8	76	2009	Москва
9	Capital Towers (River Tower, City Tower, Park Tower)	295	66/70/67	2023	Москва
10	Башня на набережной	268,4	59	2007	Москва

Как видно из табл. 3, самые высокие здания в нашей стране построены в Москве, а именно в деловом районе ММДЦ «Москва-Сити»

Однако, несмотря на то, что подавляющее большинство высотных зданий расположены в столице, в регионах также ведется высотное строительство (табл. 4).

Таблица 4. Топ-10 высотных зданий регионов России (на 1.05.23)
Table 4. Top 10 high-rise buildings in Russian regions (as of 1.05.23)

№	Название здания	Высота здания, м	Количество этажей	Год постройки	Место-нахождение
1	Исеть	212,8	52	2016	Екатеринбург
2	Высоцкий	188,3	54	2011	Екатеринбург
3	ЖК Аквамарин	156,54	44	2021	Владивосток
4	Призма	151	37	2012	Екатеринбург
5	Конституция (Лидер Тауэр)	145,5	42	2013	Санкт-Петербург
6	ЖК «Феникс»	145	39	2011	Грозный
7	ЖК «Белый ангел»	145	32	2018	Ростов-на-Дону
8	ЖК «Февральская революция»	139,6	37	2009	Екатеринбург
9	Гостиница «Грозный-Сити»	137	32	2011	Грозный
10	ЖК «Елена»	134	38	2014	Саратов

Анализируя опыт сооружения высотных зданий, можно заключить, что высотное строительство имеет как положительные, так и отрицательные моменты. К положительным моментам можно отнести высокую доходность высотного строительства. Еще один положительный момент – это вопрос престижа быть владельцем квартиры или помещения в высотном доме, ведь сооружение таких объектов осуществляется с применением высокотехнологичных процессов в проектировании, строительстве и эксплуатации.

Также к положительным моментам можно отнести создание новых рабочих мест. Высотный дом предполагает автономность в эксплуатации, а для этого требуется квалифицированный персонал. Учитывая тот факт, что строительство высотных жилых домов ведется с размещением на первых этажах соответствующей инфраструктуры (салоны красоты, оздоровительные центры, магазины, кафе и т.п.), с уверенностью можно утверждать, что их сооружение поможет решить не только жилищную проблему, но и проблему занятости населения.

Нельзя не обратить внимание на возможные отрицательные моменты. Так, существуют мнения специалистов, что постоянное пребывание человека на большой высоте может привести к суицидальным настроениям, хотя сегодня отсутствуют научные обоснования негативного влияния высотных домов на человека. Не достаточно изучено также влияние на здоровье человека вибрации, создаваемой работой инженерных сетей высотного дома.

В целом, как показывает опыт высотного строительства, проектирование и разработка технологии строительства высотных зданий осуществляются параллельно и взаимозависимо. Собственно строительство начинается лишь после завершения независимыми экспертными организациями проверки проектно-технологической документации. С особой тщательностью строятся фундамент и подземные этажи, а возведение каркаса осуществляется лишь после завершения строительства и осуществления контрольных мероприятий в отношении фундамента здания, который представляет собой поле из буронабивных свай, объединенных жесткой фундаментной плитой [6].

Практика строительства в современных мегаполисах говорит о том, что, учитывая стоимость земли в мегаполисах, наиболее экономически оправданными являются высотные здания в 30-50 этажей. Большая этажность, как правило, основывается на соображениях престижности, архитектурной и градостроительной значимости, либо недостатке свободных территорий в черте города и, как следствие, высокой цены земельного участка, выделенного под строительство [3, 18, 20].

В сооружении высотных построек особого внимания заслуживает вопрос строительной культуры, поскольку будущая эксплуатация здания непосредственно зависит от качества выполнения строительно-монтажных работ [43]. В связи с чем, строительством высотных зданий занимаются компании, имеющие как общую строительную лицензию, так и специальную лицензию именно на высотное строительство.

При этом, одним из наиболее значимых вопросов высотного строительства является месторасположение высотных зданий, поскольку существует необходимость в сохранении уникальной исторической застройки и ландшафта, отличающих конкретные города и являющихся их визитной карточкой [44]. В связи с чем, целесообразным представляется обоснование организационно-технологических решений высотного строительства в условиях плотной городской застройки.

Обоснование организационно-технологических решений высотного строительства в условиях плотной городской застройки

При обосновании организационно-технологических решений высотного строительства в условиях плотной городской застройки в первую очередь необходимо учитывать как зональные особенности строительного участка, характеризующие его градостроительную ценность, так и локальные особенности в пределах экономико-планировочной зоны.

Зональные особенности участка, предназначенного для высотного строительства, определяются на основании оценки территории города с учетом таких факторов, как:

- неоднородность функционально-планировочных свойств ландшафта;
- доступность к таким объектам городской среды как центр города, места концентрации трудовой деятельности, общественного сервиса и массового отдыха;
- уровень инженерно-технического обеспечения и благоустройства территории;
- уровень экологического качества территории;
- социально-градостроительная привлекательность: разнообразие предложений трудоустройства, наличие природных, исторических и культурных памятников, эстетичность окружающей архитектуры и т.п.

Также необходимо учитывать такие локальные аспекты расположения строительного участка, как:

- территориально-планировочные особенности (зона магистралей повышенного градоформирующего значения, зона пешеходной доступности остановок скоростного транспорта, зона пешеходной доступности общественных центров (500 м), прирельсовая зона (участок расположен или примыкает к отводу железной дороги), имеет подъездную железнодорожную);
- инженерно-геологические особенности (земельные участки, имеющие склон поверхности свыше 20%, глубина залегания грунтовых вод не более 3 м, нахождение в зонах потенциально-го паводка (уровень затопления более 2 м) и опасных геологических процессов (карст, оползни, овражная эрозия), значительная заболоченность участка с трудностями осушения) [45];
- историко-культурные особенности (охраняемая зона исторического ландшафта, зона охраны единичных памятников);
- санитарно-гигиенические особенности (санитарно-защитная зона, зона ограничения застройки по степени загрязнения атмосферного воздуха, зона ограничения застройки по уровню напряжения электромагнитного поля, зона превышения допустимого уровня шума, ореол загрязнения грунтов);
- обеспеченность инженерной инфраструктурой (отсутствует жесткое покрытие улицы, отсутствует централизованное водоснабжение, отсутствует канализация, отсутствует централизованное газоснабжение) [26].

Проблемы, связанные с зональными и локальными особенностями строительного участка, могут быть решены посредством более эффективного использования подземного пространства высотных зданий, необходимость чего обусловлена как недостатком свободных территорий в условиях исторически сложившейся плотной городской застройки, так и требованиями инфраструктуры города, когда подземное городское пространство предназначено не только для инженерных и транспортных коммуникаций, но и для размещения объектов общественно-бытового назначения, многоэтажных подземных гаражей и стоянок, торговых предприятий и т.п.

Постройка подземных и углубленных объектов в черте города осуществляется в котлованах открытым или полузакрытым способом. При этом и в России, и за рубежом отмечается ежегодный рост как объемов подземного строительства, так и масштабов строящихся объектов. При этом максимальная глубина котлованов как правило ограничивается 15-25 м, а число подземных уровней не превышает 5-6 этажей.

При этом следует отметить, что историческая застройка городского пространства отличается индивидуальностью и потому необходимо использование новых конструкторско-технологических решений, одним из которых может стать технология постройки зданий методом «вверх-вниз» («Top-Down»), которая нашла широкое применение в США и европейских странах.

Данный способ строительства высотных зданий позволяет практически одновременно проводить строительные работы по сооружению подземной и наземной частей здания, что приводит к значительному ускорению сроков строительства, особенно высотных зданий и зданий повышенной этажности, а также предоставляет возможность свести к минимуму деформации конструкций ограждения и, соответственно, разрушение строений, расположенных по соседству.

Специфика реализации строительных работ состоит в последовательном возведении этажей углубленной части высотного здания с применением заранее установленных свай, которые по мере отрыва грунта соединяются между собой системой монолитных перекрытий и ограждающей стеной котлована. Впоследствии сваи вместе с перекрытиями исполняют функции колонн. В период выполнения работ в перекрытиях подземной части здания предусматриваются технологические отверстия для удаления грунта, а также подачи арматуры, опалубки, бетона и т.п. Одновременно с устройством перекрытий подземной части возведение наземной части монолитного каркаса осуществляется традиционным методом [32].

С учетом того, что продолжительность строительства подземной части здания занимает до половины времени от возведения его наземной части, совмещение данных процессов снижает общие сроки строительства всего объекта [18].

Принципиальная схема применения этого метода показана на рис. 1.

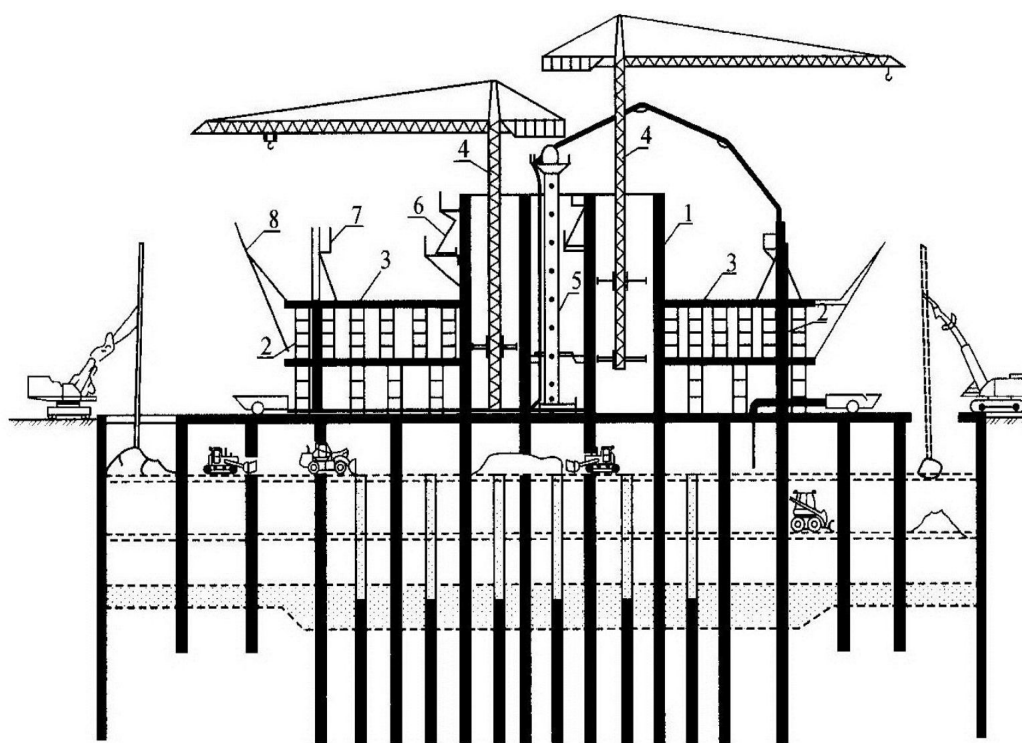


Рис. 1. Технологическая схема возведения высотного здания методом «вверх-вниз»

Fig. 1. Technological scheme of erecting a high-rise building by the "up-and-down" method

Примечание: 1 – ядро жесткости; 2 – колонны; 3 – напольные покрытия; 4 – самоподъемные краны; 5 – распределительная стрела подачи бетонной смеси; 6 – опалубка ядра жесткости; 7 – опалубка колонны; 8 – ограждение

Note: 1 – rigidity core; 2 – columns; 3 – floor coverings; 4 – cranes; 5 – concrete mix distribution arm; 6 – rigidity core formwork; 7 – column formwork; 8 – guardrails

Монтаж грузоподъемного оборудования, необходимого для реализации непрерывного технологического процесса, в т.ч. самоподъемных кранов и распределительной стрелы бетононасоса, происходит при достижении прочности перекрытия над первым надземным этажом более 70% от проектной.

Для формирования ядра жесткости используется щитовая или самоподъемная опалубка, а армирование и бетонирование реализуются с помощью отдельных технологических потоков посредством разбивки на захватки с соответствующими объемами работ и трудозатрат.

Возведение вертикальных и горизонтальных конструкций (колонн и плит перекрытий) осуществляется специализированными строительными бригадами отдельными технологическими потоками. Разбивка на захватки приводит к оптимальной производительности при совмещении процессов возведения колонн и плит перекрытий.

При этом интенсивность установки вертикальных и горизонтальных конструкций не должна опережать темпы возведения ядра жесткости, для чего разрабатывается проектная документация по выполнению строительных работ, включающая технологические регламенты, определяющие последовательность строительных работ, продолжительность циклов работы, технологический и инструментальный контроль накопления прочности бетона, геодезическое обеспечение точности возведения конструкций [22].

Основными преимуществами технологии «вверх-вниз» в условиях плотной городской застройки являются:

- отсутствие грунтовых анкеров для обеспечения устойчивости ограждающих стен котлована;
- возможность устройства котлованов разной глубины и конфигурации;
- уменьшение влияния на окружающую стройку и зависимости от инженерно-геологических условий;
- возможность сокращения сроков строительства.

ВЫВОДЫ

Результаты исследования позволяют утверждать, что высотное строительство является актуальным направлением развития городской среды современных мегаполисов, способным к сохранению градостроительного наследия, формирующего индивидуальный характер мегаполиса.

На основе выполненного анализа можно предположить возможность повышения эффективности управления процессом высотного строительства путем усовершенствования метода обоснования и выбора рациональных организационно-технологических решений сооружения высотных зданий, направленных на эффективное использование ресурсов и уменьшение стоимости строительной продукции благодаря учету градостроительной ценности территорий и комплексного влияния факторов энергосбережения и экологичности.

Проведенное исследование показало, что строительство высотных зданий с развитой подземной частью в плотно застроенных городских районах сопровождается рядом сложностей и технических проблем. При этом особое внимание необходимо уделить технологическим особенностям строительства. Однако, благодаря современным строительным технологиям и оборудованию, доступны различные методы строительства высотных зданий, позволяющих проводить одновременно работы по устройству подземной и наземной частей здания, что значительно сокращает время строительства.

Вместе с тем, использование указанных строительных технологий требует новых подходов в проектировании. Строительная технология становится определяющим фактором, формирующим основные инженерные решения, которые должны учитывать изменение состояния окружающего грунта и сооружений на всех этапах строительства и эксплуатации.

Рациональный выбор методов строительных операций, правильная последовательность их выполнения позволяют снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций и предотвратить нежелательные деформации зданий, находящихся в зоне строительства. Это также способствует сокращению стоимости строительства и сроков выполнения работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Safarik D., Ursini S., Wood A. Megacities: Setting the scene // CTBUH Journal. 2016. Vol. 4. P. 30 – 39.
- [2] Зеленцова Л.С., Петров А.М., Банцеров О.Л. Планировка внутриквартальных и открытых городских пространств в исторической среде города: социально-управленческий аспект // Строительные материалы и изделия. 2023. Т. 6. № 3. С. 79 – 97.
- [3] Tamboli A.R. Tall and supertall buildings: planning and design. New York: McGraw-Hill, 2014. 416 p.
- [4] Петров А.М., Магомедов Р.М., Савина С.В. Экологическая безопасность строительства в концепции устойчивого развития // Строительные материалы и изделия. 2023. Т. 6. № 1. С. 5 – 17. DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-1-5-17
- [5] Исаков А.И. Высотное строительство в России // Синергия наук. 2016. № 6. С. 442 – 458.
- [6] Граник Ю.Г. Строительство высотных зданий: монография. М.: ОАО «ЦНИИЭП жилых и общественных зданий», 2010. 480 с.
- [7] Генералов В.П., Генералова Е.М. Высотные жилые здания и комплексы: монография. Самара: ООО «Книга», 2013. 398 с.
- [8] Шенцова О.М. Высотные здания в объемно-пространственной композиции городской среды // Архитектура. Строительство. Образование. 2016. № 1 (7). С. 102 – 110.
- [9] Генералов В.П., Генералова Е.М. Перспективы развития типологии высотных зданий. Будущее городов // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. Т. 5. № 1. С. 13 – 18. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.01.2
- [10] Шенцова О.М., Федосихин В.С. Развитие высотного строительства в городах с численностью населения от 250 до 500 тысяч жителей (на примере городов Уральского Федерального округа) // Международный журнал перспективных исследований. 2017. Т. 7. № 2. С. 9 – 25. DOI: 10.12731/2227-930X-2017-2-9-25
- [11] Ведяков И.И., Мешкова Е.И. Тенденции мирового высотного строительства // Вестник ВГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. 2013. № 31 (50). Ч. 1. Города России. Проблемы проектирования и реализации. С. 47 – 53.
- [12] Vasilyeva O., Sinyukov V., Ukhina T., Bazhin G., Otcheskiy I., Zakharova L. Influence of green architecture objects on the ecological and tourist attractiveness of the urban environment // Anais Brasileiros de Estudos Turísticos. 2023. Vol. 13. № 1. P. 1 – 9. DOI: 10.5281/zenodo.7927037
- [13] Popov A.V., Syrova, O.I. University campuses in Russia: architectural and urban development typology // Nexo Revista Científica. 2021. Vol. 34. № 06. P. 1826 – 1839. DOI: 10.5377/nexo.v34i06.13172
- [14] Gunel M.H., Ilgin H.E. Tall buildings: structural systems and aerodynamic form. New York: Routledge, 2014. 214 p.
- [15] Колебирова Ю.С. Эксплуатация и перспективы строительства высотных зданий в современном мире // Региональное развитие. 2017. № 5 (23). С. 1 – 5.
- [16] Sarkisian M. Designing tall buildings: structure as architecture. London: Taylor & Francis Ltd, 2011. 224 p.
- [17] Коклюгина Л.А., Коклюгин А.В. Технология и организация строительства высотных многофункциональных зданий: учеб. метод. пособие. Казань: Изд-во КГАСУ, 2016. 116 с.
- [18] Al-Kodmany K., Ali M.M. An overview of structural and aesthetic developments in tall buildings using exterior bracing and diagrid systems // The International Journal of High-Rise Buildings. 2016. Vol. 5. № 4. P. 271 – 291. DOI: 10.21022/IJHRB.2016.5.4.271
- [19] Левада Г.П., Костина Л.К., Тарасов М.В. Определение наиболее рациональной этажности современных офисных зданий // Вестник ЮУГУ. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Т. 15. № 2. С. 5 – 12.

- [20] Dai L., Liao B. Innovative high efficient construction technologies in super high rise steel structure buildings // *International Journal of High-Rise Buildings*. 2014. Vol. 3. № 3. P. 205 – 214.
- [21] Козлов М.В., Безбородов Е.Л. Конструктивные схемы высотных зданий // *Вестник МГСУ*. 2011. № 1. С. 153 – 160.
- [22] Лусенков Я.В., Абакумов Р.Г. Преимущества и недостатки конструкций применяемых при строительстве высотных и большепролетных зданий // *Инновационная наука*. 2017. № 4 (3). С. 86 – 88.
- [23] Кодышь Э.Н., Трекин Н.Н., Никитин И.К. Проектирование многоэтажных зданий с железобетонным каркасом: монография. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009. 352 с.
- [24] Николаев С.В. Безопасность и надежность высотных зданий – это комплекс высокопрофессиональных решений // *Уникальные и специальные технологии в строительстве*. 2004. № 1. С. 8 – 18.
- [25] Zhang Q., Yang B., Liu T., Li H., Lv J. Structural health monitoring of Shanghai Tower considering time-dependent effects // *International Journal of High-Rise Buildings*. 2015. Vol. 4. № 1. P. 39 – 44.
- [26] Теличенко В.И., Король Е.А., Каган П.Б., Комиссаров С.В., Арутюнов С.Г., Афанасьев А.А. Управление программами и проектами возведения высотных зданий. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. 144 с.
- [27] Магай А.А. Архитектура высотных зданий мира. Новосибирск: Карт Мастер, 2008. 140 с.
- [28] Магай А.А., Дубынин Н.В. Архитектурно-художественный облик высотных зданий // *Архитектура и строительство России*. 2009. № 4. С. 22 – 29.
- [29] Мархаюк А.К., Даняева Л.Н. Особенности архитектурно-конструктивных элементов зданий в высотном строительстве // *Современные наукоемкие технологии*. 2014. № 5. С. 157 – 158.
- [30] Ali M.M., Moon K. S. Structural developments in tall buildings: current trends and future prospects // *Architectural Science Review*. 2007. Vol. 50 (3). P. 205 – 223. DOI: 10.3763/asre.2007.5027
- [31] Мустакимов В.Р., Якупов С.Н. Проектирование высотных зданий: учебное пособие. Казань: Изд-во КГАСУ, 2014. 243 с.
- [32] Марковский М.И. Высотное строительство из монолитного железобетона // *Архитектура и строительство*. 2011. № 2 (220). [Электронный ресурс]. URL: <http://ais.by/story/12613>
- [33] Wood A. Rethinking the skyscraper in the ecological age: design principles for a new high-rise vernacular // *Proceedings of the CTBUH 2014 Shanghai Conference «Future Cities: Towards Sustainable Vertical Urbanism»*, September 16-19, 2014, Shanghai, China. 2014. P. 26 – 38.
- [34] Маклакова Т.Г. Высотные здания. Градостроительные и архитектурно-конструктивные проблемы проектирования: монография. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. 160 с.
- [35] Сюй Пэйфу, Фу Сюси, Ван Цуйкунь, Сяо Цунчжэнь. Проектирование современных высотных зданий. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. 469 с.
- [36] Zharov A.N. Social communications in architectural solutions of large office centers. *Construction Materials and Products*. 2022. 5 (6). P. 32 – 53. DOI: 10.58224/2618-7183-2022-5-6-32-53
- [37] Nejad P.A. Beehive (hexagrid), new innovated structural system for tall buildings // *International Journal of High-Rise Buildings*. 2016. Vol. 5. № 4. P. 251 – 262. DOI: 10.21022/IJHRB.2016.5.4.251
- [38] Генералов В.П., Генералова Е.М. Высотные комплексы с системой размещения обслуживающих зон по вертикали // *Научное обозрение*. 2015. № 3. С. 163 – 167.
- [39] Сенин Н.И. Рациональное применение конструктивных систем многоэтажных зданий // *Вестник МГСУ*. 2013. № 11. С. 76 – 83.

- [40] Генералов В.П. История строительства высотных зданий: монография. Самара: СГАСУ, 2011. 192 с.
- [41] Топ-25 самых высоких зданий Азии. [Электронный ресурс]. URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.c3ecd12f-64a3e3f1-ad25f70a-74722d776562/https/www.ranker.com/list/tallest-buildings-in-asia/ranker-travel
- [42] Bantserova O.L., Kasimova A.R. Bionic approach to the organization of architectural objects in the sustainable development paradigm // Civil Engineering and Architecture. 2023. Vol. 11. № 2. P. 939 – 947. DOI: 10.13189/cea.2023.110230
- [43] Glebova I.S., Berman S.S., Gribovskaya V.A. Housing construction: problems and prospects (as exemplified by Russia) // Relações Internacionais do Mundo Atual. 2022. Vol. 2. № 35. P. 182 – 196.
- [44] Mayboroda V., Spirin P. Legal regulation in the field of territorial planning and urban zoning: main problems and ways to solve them // Journal of Law and Sustainable Development. 2023. Vol. 11. № 1. Art. № e0254. DOI: 10.37497/sdgs.v11i1.254
- [45] Kornilova A.A., Mamedov S.E. ogly, Karabayev G.A., Khorovetskaya Ye.M., Shlyakhtich Ye.V. Organization of an architectural environment based on spatial and constructive modules in a severely continental climate // Civil Engineering and Architecture. 2023. Vol. 11. № 2. P. 733 – 740. DOI: 10.13189/cea.2023.110215

REFERENCES

- [1] Safarik D., Ursini S., Wood A. Megacities: Setting the scene. CTBUH Journal. 2016. 4. P. 30 – 39.
- [2] Zelentsova L.S., Petrov A.M., Bantserova O.L. Planning of intra-block and open urban spaces in the historical environment of the city: social and managerial aspect. Construction materials and products. 2023. 6 (3). P. 79 – 97. (rus.)
- [3] Tamboli A.R. Tall and supertall buildings: planning and design. New York: McGraw-Hill, 2014. 416 p.
- [4] Petrov A.M., Magomedov R.M., Savina S.V. Ecological safety of construction in the concept of sustainable development. Construction materials and products. 2023. 6 (1). P. 5 – 17. DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-1-5-17 (rus.)
- [5] Isakov A.I. High-rise construction in Russia. Synergy of Sciences. 2016. 6. P. 442 – 458. (rus.)
- [6] Granik Yu.G. Construction of high-rise buildings: monograph. M.: JSC "TSNIIEP residential and public buildings. 2010. 480 p. (rus.)
- [7] Generalov V.P., Generalova E.M. High-rise residential buildings and complexes: monograph. Samara: LLC "Book", 2013. 398 p. (rus.)
- [8] Shentsova O.M. High-rise buildings in the spatial composition of the urban environment. Architecture. Construction. Education. 2016. 1 (7). P. 102 – 110. (rus.)
- [9] Generalov V.P., Generalova E.M. Prospects for the development of typology of high-rise buildings. The future of cities. Bulletin of the SSASU. Urban planning and architecture. 2015. 5 (1). P. 13 – 18. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.01.2 (rus.)
- [10] Shentsova O.M., Fedosikhin V.S. The development of high-rise construction in cities with a population of 250 to 500 thousand inhabitants (on the example of cities of the Ural Federal District). International Journal of Advanced Studies. 2017. 7 (2). P. 9 – 25. DOI: 10.12731/2227-930X-2017-2-9-25 (rus.)
- [11] Vedyakov I.I., Meshkova E.I. Trends in world high-rise construction. Bulletin of VSASU. Ser.: Construction and archit. 2013. No. 31 (50). Part 1. Cities of Russia. Problems of design and implementation. P. 47 – 53. (rus.)
- [12] Vasilyeva O., Sinyukov V., Ukhina T., Bazhin G., Otcheskiy I., Zakharova L. Influence of green architecture objects on the ecological and tourist attractiveness of the urban environment. Anais Brasileiros de Estudos Turísticos. 2023. 13 (1). P. 1 – 9. DOI: 10.5281/zenodo.7927037

- [13] Popov A.V., Syrova, O.I. University campuses in Russia: architectural and urban development typology. *Nexo Revista Científica*. 2021. Vol. 34. 06. P. 1826 – 1839. DOI: 10.5377/nexo.v34i06.13172
- [14] Gunel M.H., Ilgin H.E. Tall buildings: structural systems and aerodynamic form. New York: Routledge, 2014. 214 p.
- [15] Koleburova Yu.S. Operation and prospects of construction of high-rise buildings in the modern world. *Regional development*. 2017. 5 (23). P. 1 – 5. (rus.)
- [16] Sarkisian M. Designing tall buildings: structure as architecture. London: Taylor & Francis Ltd, 2011. 224 p.
- [17] Koklyugina L.A., Kaklyugin A.V. Technology and organization of construction of high-rise multifunctional buildings: textbook. Kazan: Publishing House of KSASU, 2016. 116 p. (rus.)
- [18] Al-Kodmany K., Ali M.M. An overview of structural and aesthetic developments in tall buildings using exterior bracing and diagrid systems. *The International Journal of High-Rise Buildings*. 2016. 5 (4). P. 271 – 291. DOI: 10.21022/IJHRB.2016.5.4.271
- [19] Levada G.P., Kostina L.K., Tarasov M.V. Determination of the most rational number of storeys of modern office buildings. *Bulletin of the Southern Federal University. Series: Construction and Architecture*. 2015. 15 (2). P. 5 – 12. (rus.)
- [20] Dai L., Liao B. Innovative high efficient construction technologies in super high rise steel structure buildings. *International Journal of High-Rise Buildings*. 2014. 3 (3). P. 205 – 214.
- [21] Kozlov M.V., Bezborodov E.L. Constructive schemes of high-rise buildings. *Bulletin of MSSU*. 2011. 1. P. 153 – 160. (rus.)
- [22] Lusenkov Ya.V., Abakumov R.G. Advantages and disadvantages of structures used in the construction of high-rise and large-span buildings. *Innovative Science*. 2017. 4 (3). P. 86 – 88. (rus.)
- [23] Kodysh E.N., Trekin N.N., Nikitin I.K. Design of multi-storey buildings with reinforced concrete frame: monograph. M.: Publishing House of the Association of Construction Universities, 2009. 352 p. (rus.)
- [24] Nikolaev S.V. Safety and reliability of high-rise buildings is a complex of highly professional solutions. Unique and special technologies in construction. 2004. 1. P. 8 – 18. (rus.)
- [25] Zhang Q., Yang B., Liu T., Li H., Lv J. Structural health monitoring of Shanghai Tower considering time-dependent effects. *International Journal of High-Rise Buildings*. 2015. 4 (1). P. 39 – 44.
- [26] Telichenko V.I., Korol E.A., Kagan P.B., Komissarov S.V., Arutyunov S.G., Afanasyev A.A. Management of programs and projects for the construction of high-rise buildings. Moscow: Publishing House of the Association of Construction Universities, 2010. 144 p. (rus.)
- [27] Magay A.A. Architecture of high-rise buildings of the world. Novosibirsk: Kart Master, 2008. 140 p.
- [28] Magay A.A., Dubynin N.V. Architectural and artistic appearance of high-rise buildings. *Architecture and construction of Russia*. 2009. 4. P. 22 – 29. (rus.)
- [29] Markhayuk A.K., Danyaeva L.N. Features of architectural and structural elements of buildings in high-rise construction. *Modern high-tech technologies*. 2014. 5. P. 157 – 158. (rus.)
- [30] Ali M.M., Moon K. S. Structural developments in tall buildings: current trends and future prospects. *Architectural Science Review*. 2007. 50 (3). P. 205 – 223. DOI: 10.3763/asre.2007.5027
- [31] Mustakimov V.R., Yakupov S.N. Designing high-rise buildings: a textbook. Kazan: Publishing House of KSASU, 2014. 243 p. (rus.)
- [32] Markovsky M.I. High-rise construction from monolithic reinforced concrete. *Architecture and construction*. 2011. № 2 (220). [electronic resource]. URL: [http://ais.by/story/12613\(rus.\)](http://ais.by/story/12613(rus.))
- [33] Wood A. Rethinking the skyscraper in the ecological age: design principles for a new high-rise vernacular. *Proceedings of the CTBUH 2014 Shanghai Conference «Future Cities: Towards Sustainable Vertical Urbanism»*, September 16-19, 2014, Shanghai, China. 2014. P. 26 – 38.

- [34] Maklakova T.G. High-rise buildings. Urban planning and architectural and structural problems of design: monograph. M.: Publishing House of the Association of Construction Universities, 2008. 160 p. (rus.)
- [35] Xu Peifu, Fu Xiuxi, Wang Cuikun, Xiao Congzhen. Designing modern high-rise buildings. Moscow: Publishing House of the Association of Construction Universities, 2008. 469 p. (rus.)
- [36] Zharov A.N. Social communications in architectural solutions of large office centers. Construction Materials and Products. 2022. 5 (6). P. 32 – 53. DOI: 10.58224/2618-7183-2022-5-6-32-53
- [37] Nejad P.A. Beehive (hexagrid), new innovated structural system for tall buildings. International Journal of High-Rise Buildings. 2016. 5 (4). P. 251 – 262. DOI: 10.21022/IJHRB.2016.5.4.251
- [38] Generalov V.P., Generalova E.M. High-rise complexes with a system of vertical placement of service zones. Scientific review. 2015. 3. P. 163 – 167. (rus.)
- [39] Senin N.I. Rational application of structural systems of multi-storey buildings. Bulletin of MSSU. 2013. 11. P. 76 – 83. (rus.)
- [40] Generalov V.P. History of construction of high-rise buildings: monograph. Samara: SSASU, 2011. 192 p.
- [41] Top 25 tallest buildings in Asia. [electronic resource]. URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.c3ecd12f-64a3e3f1-ad25f70a-74722d776562/https/www.ranker.com/list/tallest-buildings-in-asia/ranker-travel
- [42] Bantserova O.L., Kasimova A.R. Bionic approach to the organization of architectural objects in the sustainable development paradigm. Civil Engineering and Architecture. 2023. 11 (2). P. 939 – 947. DOI: 10.13189/cea.2023.110230
- [43] Glebova I.S., Berman S.S., Gribovskaya V.A. Housing construction: problems and prospects (as exemplified by Russia). Relações Internacionais do Mundo Atual. 2022. 2 (35). P. 182 – 196.
- [44] Mayboroda V., Spirin P. Legal regulation in the field of territorial planning and urban zoning: main problems and ways to solve them. Journal of Law and Sustainable Development. 2023. 11 (1). Art. № e0254. DOI: 10.37497/sdgs.v11i1.254
- [45] Kornilova A.A., Mamedov S.E. ogly, Karabayev G.A., Khorovetskaya Ye.M., Shlyakhtich Ye.V. Organization of an architectural environment based on spatial and constructive modules in a severely continental climate. Civil Engineering and Architecture. 2023. 11 (2). P. 733 – 740. DOI: 10.13189/cea.2023.110215

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Жаров А.Н., e-mail: zharov-an@rudn.ru, ORCID ID: 0000-0002-4068-609X, Российский университет дружбы народов, кандидат экономических наук, доцент

Zharov A.N., e-mail: zharov-an@rudn.ru, ORCID ID: 0000-0002-4068-609X, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Candidate of Economic Sciences (Ph.D.), Associate Professor

Поступила в редакцию 4 мая 2023 г.
Принята в доработанном виде 28 июля 2023 г.
Одобрена для публикации 1 августа 2023 г.

Received: May 4, 2023.
Revised: July 28, 2023.
Accepted: August 1, 2023