

**ЕРМОЛАЕВ В. В., УТКИНА В. Н.**

## **ВЫСОТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В ОБЪЕДИНЕННЫХ АРАБСКИХ ЭМИРАТАХ**

**Аннотация.** Выполнен обзор высотного строительства в Объединенных Арабских Эмиратах. Рассмотрены самые высокие и уникальные здания, их индивидуальные конструктивные решения. Определены основные причины и тенденции развития высотного строительства в ОАЭ.

**Ключевые слова:** высотное строительство, ОАЭ, небоскреб, конструктивные решения, фундамент, железобетон, металл.

**ERMOLAEV V. V., UTKINA V. N.**

## **HIGH-RISE CONSTRUCTION IN THE UNITED ARAB EMIRATES**

**Abstract.** A review of high-rise construction in the United Arab Emirates has been carried out. The tallest and most unique buildings, their individual design solutions are considered. The main reasons and trends in the development of high-rise construction in the United Arab Emirates are identified.

**Keywords:** high-rise construction, UAE, skyscraper, structural solutions, foundation, reinforced concrete, metal.

Объединенные Арабские Эмираты – федеративное государство на Ближнем Востоке, состоящее из семи эмиратов: Абу-Даби, Аджман, Дубай, Рас-Аль-Хайма, Умм-эль-Кайвайн, Фуджейра и Шарджа. Это удивительная страна потрясающих возможностей, демонстрирующая экономическое процветание, высокий уровень технологического прогресса. Объединенные Арабские Эмираты – вершина и жемчужина современного строительства. В настоящее время здесь работают лучшие архитекторы мира. Небоскребы или немыслимые многоэтажки не оставляют равнодушным никого. Ведущими городами по развитию высотного строительства являются столица государства Абу-Даби и растущий мегаполис Дубай. Архитектура каждого из этих мест поистине уникальна и имеет множество достопримечательностей.

Абу-Даби (рис. 1) – город, основой которого являются правительственные учреждения и офисы крупных компаний. Они расположены на севере столицы в нескольких кварталах, примыкающих к красивейшей набережной протяженностью 7 км. Эта часть города имеет плотную застройку современными высотными зданиями и небоскребами, поэтому Абу-Даби получил название «Манхэттена Ближнего Востока». Остальная часть столицы – это красивые виллы и таунхаусы для обеспеченных горожан. Здесь много зеленых территорий и парков. Современный вид город получил еще в 80-х годах XX века, намного

раньше Дубая, который стал стремительно развиваться и обгонять Абу-Даби в строительстве небоскребов и благоустройстве в начале XXI века. Одними из самых ярких достопримечательностей Абу-Даби являются: отель «Capital Gate» – падающая башня, Al Bahar – парные башни-небоскребы с уникальным «подвижным» фасадом, Aldar HQ – круговой небоскреб.



Рис. 1. Абу-Даби [1].

Отель «Capital Gate» (рис. 2) – визитная карточка делового района Capital Center. Владелец-разработчик: Abu-Dhabi National Exhibitions Company. Здание расположено рядом с символом Ближнего Востока – Национальным выставочным центром в Абу-Даби. Небоскреб занесен в Книгу рекордов Гиннеса, как здание с самым большим уклоном в мире. Отклонение от вертикальной оси составляет  $18^\circ$ , что в четыре раза больше, чем у Пизанской башни.

В этом здании уникально все: от плотной сетки из железобетонных свай фундамента до фасадных стеклопакетов с низкой теплопередачей, абсолютной прозрачностью и отсутствием бликов. В отеле 36 этажей, на которых расположены: офисные помещения (1 – 18 этажи), 5-звездочный отель «Hyatt» (19 – 33 этажи), внутренняя площадь которого около 20 тысяч квадратных метров. Фундамент укреплен 490 сваями на глубине 20 – 30 м, чтобы выдерживать гравитационные, ветровые и сейсмические силы, вызванные характерным уклоном здания. Сверху сваи объединяются монолитным железобетонным ростверком [2; 3].

Конструктивная система здания – ствольно-оболочковая. Функцию внешней несущей оболочки выполняет диагональная решетка «diagrid», которая также формирует силуэт здания. На начальном этапе строительства стволу был задан расчетный уклон 350 мм. По мере того, как этажи росли, ядро становилось вертикальным. Первые 12 этажей не имеют

кривизны. Следующие уровни располагаются с постепенным увеличением уступа от 30 до 140 см. Диагональная решетка соединяется с балками на уровне плит перекрытия. 720 секций образуют внешнюю диагональную сетку.

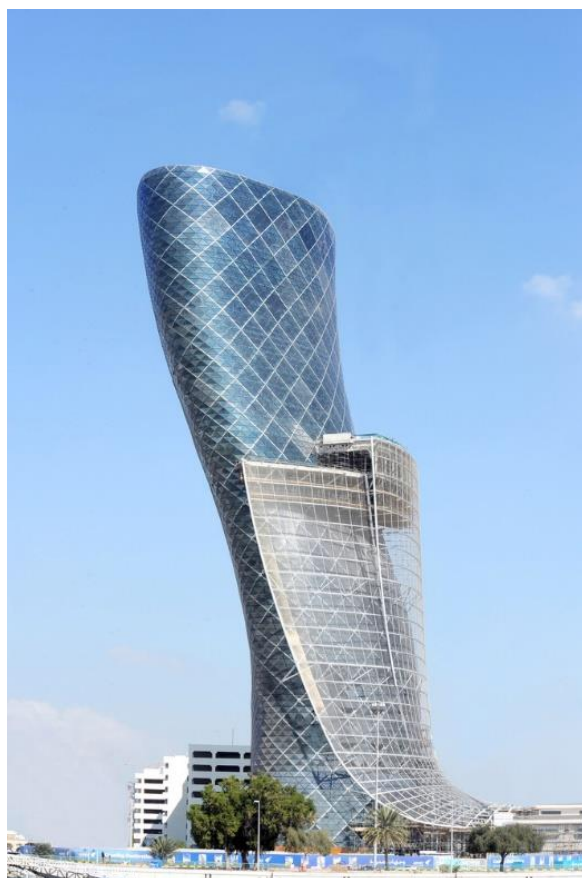


Рис. 2. Отель «Capital Gate» (160 м, 2011 г.) [3].

В Абу-Даби преобладает легкий ветер, которому препятствует плотная сеть основных стен и консольных балок 17-го технического уровня. Защита от солнца устроена, как автономная система. Закругленная форма способствует сопротивлению скручиванию. Массивное бетонное кольцо из балок переносит вес диагональной сетки на основание. Поверх решетки монтируются 728 стеклянных панелей. Каждая панель состоит из 18 стекол и весит около 5 тонн. Всего на фасаде башни 12,5 тысяч стекол [4].

Al Bahar (рис. 3) – комплекс башен-близнецов в Абу-Даби, построенный в 2012 году. 29-этажные башни сочетают классический арабский стиль с новейшими технологиями. Здания достигают высоты 145 метров и общей площади 70 000 квадратных метров. Созданием комплекса занималась британская компания «AHR», а возведение доверили местной компании «Al-Futtaim Carillion». Они получили премию за поддержку экологии (LEED), а также за современное строительство небоскребов (Emporis Skyscraper Award). В одном из зданий находится Центр городского инвестиционного совета (ADIC).



Рис. 3. Al Bahar (145 м, 2012 г.) [2].

Главной уникальностью башен, их технологическим отличием являются элементы «умной защитной кожи» из 2000 электронных металлических «зонтов», которые служат не только необычным и очень элегантным украшением, но и выполняют практическую функцию, необходимую для Объединенных Арабских Эмиратов. Когда солнечные лучи попадают на «зонты», они могут автоматически закрываться и открываться, чтобы предотвратить перегрев здания, так как среднегодовая температура в Абу-Даби составляет около  $30^{\circ}\text{C}$ , а в некоторые месяцы достигает  $50$  градусов. Решетчатый занавес закрывает почти всю поверхность, поэтому  $50\%$  солнечного излучения подавляется, что позволяет зданию не только охлаждаться, но и вентилироваться – это еще одна функция «зонтиков». Благодаря управляемым «лепесткам», регулирующим воздушные потоки, обеспечивается естественная вентиляция здания. Такой дизайн был взят из традиционных арабских решеток XIV века и называется «машрабия». Это было первой «тонировкой» в истории, узоры и элементы были подобраны особым образом, чтобы их можно было свободно просматривать изнутри, но нельзя было заглянуть снаружи в комнату. Изначально «машрабию» эксплуатировали как для охлаждения воды, так и для терморегуляции комнат.

Дубай (рис. 4) – самый шикарный и ультрасовременный город Ближнего Востока, который смело можно назвать туристическим бриллиантом. Здесь гармонично сочетаются старинные мечети и новейшие архитектурные сооружения, извилистые тихие улочки и скоростные магистрали, песчаные пляжи и модные бутики, арабские и европейские

традиции. Высотное строительство в Дубае является приоритетным направлением городского развития, связано это с социальными изменениями и экономическим развитием эмирата за последние несколько десятков лет. По требованиям правительства все высотные здания должны соответствовать функциональным, природно-климатическим условиям, самым современным архитектурным, конструктивным и инженерным решениям, эстетическим критериям [5–7].



Рис. 4. Дубай [6].

Главной достопримечательностью этого города, конечно, является небоскреб Бурдж-Халифа, побивший все мировые рекорды и занесенный в книгу рекордов Гиннеса. Так же необходимо отметить единственный в мире роскошный семи-звездочный отель Бурдж Аль Араб.

Несравненный небоскреб Бурдж-Халифа (рис. 5) в Дубае был построен в начале января 2010 года и в настоящее время является самым высоким зданием в мире. Его высота составляет 828 метров. В период строительства это уникальное здание называлось Бурдж-Дубай. Оно построено по принципу «город в городе» и является автономным. Площадь уникального комплекса составляет 344 000 м<sup>2</sup> [8]. Работу над этим оригинальным и очень

сложным проектом начали в январе 2004 года. Небоскреб проектировала американская компания «Skidmore, Owings & Merrill». Генеральным подрядчиком была выбрана компания «Samsung C&T». В конце сентября 2004 года началось строительство и продолжалось очень высокими темпами около 6 лет.



Рис. 5. Бурдж-Халифа (828 м, 2010 г.) [2].

Основным несущим элементом башни является ядро жесткости. Оно имеет вид шестиконечного сердечника, от которого расходятся три пролета. Центральное ядро играет главную роль в обеспечении горизонтальной устойчивости здания. Монолитные диафрагмы располагаются от ядра до конца каждого пролета, образующего центральные коридоры. По периметру здания располагаются колонны, дополняющие монолитную целостность сооружения.

Два подземных этажа занимает парковка. На первых 17 этажах расположен отель Армани. С 19 по 37 этажи – это апартаменты Armani Residence. На 43 этаже находится огромное Sky Lobby (небесное лобби), на 123 этаже – еще одно лобби. Жилые помещения расположены на 44 – 72 и 77 – 108 этажах. Большой бассейн на 76 этаже является рекордсменом среди закрытых резервуаров с водой, расположенных на высоте. 122 этаж занимает шикарный ресторан. На 124-м этаже располагается красивая открытая смотровая площадка – самая высокая в мире. Жилые квартиры занимают 125 – 135 и 139 – 154 этажи.

На последних из «жилых этажей» (156 – 159) расположены офисы связи и телерадиовещания. На 158-м этаже находится мечеть, которая также является самой высокой в мире. Специальные этажи (17, 18, 40 – 42, 73 – 75, 109, 110, 136 – 138, 155) предусмотрены для обслуживания здания. Этажи выше 160-го являются техническими [8].

Для строительства небоскреба Бурдж-Халифа был использован предварительно напряженный железобетон. На конструкции здания потребовалось 320 кубометров высокопрочного бетона и 60 000 тонн стальной арматуры. Фундамент состоит из 192 свай, каждая диаметром 1,5 метра и длиной около 50 метров. Применение специальных технологий при возведении фундамента позволило добиться высокой плотности и инертности бетонного основания к действиям любых химикатов и грунтовых вод. Небоскреб стоит на железобетонном «ковре», который был разработан в результате всесторонних сейсмических и геотехнических исследований.

Климат в Объединенных Арабских Эмиратах очень жаркий. Дубай является одним из самых жарких городов мира. Средняя температура августа составляет + 35° С, а средний максимум превышает + 40° С. Температура в тени может достигать 50° С. Эти условия экстремальны для небоскреба. Для защиты Бурдж-Халифа от сурового солнца пустыни было принято решение одеть здание в «стеклянную кожу». Более 30 000 панелей защищают небоскреб от жары. Стекло, используемое в здании, имеет внешнее покрытие, отражающее тепловое излучение солнца, которое, в противном случае, могло бы проникнуть в помещение. Тонкое покрытие из металла, как солнцезащитный крем, отражает ультрафиолетовый свет. А для защиты от инфракрасных лучей солнца на внутреннюю сторону стекла наносится тонкий слой серебра.

Строительство шикарного отеля Бурдж Аль Араб (рис. 6) началось в 1994 году. Открытие для посетителей состоялось 1 декабря 1999 года. Отель был построен в виде паруса арабского судна. На верхнем ярусе находится вертолетная площадка, а с другой стороны – ресторан «Аль-Мунтаха», которые поддерживаются консольными балками. Отель расположен на искусственном острове в море на расстоянии 280 метров от берега. Здание достигает высоты 321 метр. Фундамент уходит до дна на глубину около 40 метров [9].

Общая площадь комплекса составляет 460 тысяч квадратных метров. В Бурдж Аль Араб находится самое высокое лобби-атриум в мире – 180 метров над землей. Стандартных номеров здесь нет, отель разделен на 202 двухместных номера, площадь которых изменяется от 169 м<sup>2</sup> до 780 м<sup>2</sup>. Для отделки внутренних помещений отеля было использовано около 8000 квадратных футов 22-каратного сусального золота. Снаружи здание покрыто тефлоновой пленкой. В лучах летнего солнца оно выглядит ярко-белым, а ночью под управлением компьютера создает красивый фон для постоянно меняющегося освещения.



Рис. 6. Отель Бурдж Аль Араб (321 м, 1999 г.) [9].

На основании проанализированного материала о высотном строительстве в Объединенных Арабских Эмиратах следует отметить, что эта быстро развивающаяся страна является одним из мировых лидеров в данном направлении в настоящее время.

По официальным данным Совета по высотным зданиям и городской среде обитания (СТВУН) в 2020 г. на планете было построено 106 небоскребов, что на 20% меньше, чем в 2019 г. Это самый низкий показатель с 2014 г., так как Covid-19 вызвал значительные сбои в реализации уникальных проектов. Более половины от общего числа небоскребов было построено в Китае, на втором месте – ОАЭ, за ними следуют США и Великобритания [10].

Первое место в мире среди городов по количеству возведенных новых небоскребов (12 зданий высотой более 200 м) в 2020 г. занял растущий мегаполис Дубай, укрепляющий свою роль не только в качестве туристического, но и научного и индустриального центра. Причина такого роста числа высотных зданий заключается в увеличении объема инвестиций. Кроме того, мощным импульсом возникновения и реализации грандиозных проектов являются амбиции государственных деятелей и бизнесменов. Для превращения Дубая в «высотную» архитектурную столицу мира правительством привлечены ведущие проектно-конструкторские бюро. Данное обстоятельство обуславливает «интернациональный» облик



высотной архитектуры Дубая. Предпочтение отдается ультрасовременным архитектурным и конструктивным решениям известных проектных бюро Европы и Америки.

Большое внимание в высотном строительстве ОАЭ уделяется соблюдению современных требований экологической безопасности и повышению энергоэффективности зданий и сооружений, внедрению инновационных технологий и материалов. Применяемые меры позволяют значительно сократить потребление энергии и воды, выбросы углекислого газа (на 20%) и объем производимых отходов (на 50%) [11]. В настоящее время Дубай занимает третье место в мировом рейтинге городов с наибольшим количеством экологически рациональных зданий.

Непревзойденные высоты небоскребов, невероятный технологический прогресс, уникальность архитектуры и конструктивных решений не перестают удивлять. Все это демонстрирует широкие перспективы развития высотного строительства, свободного использования объемного пространства и потрясающие возможности, на которые способен человек.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абу-Даби [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.trn-news.ru/Ru/Upload/Image/Abu\\_Dhabi\\_3\\_14182556.jpg](https://www.trn-news.ru/Ru/Upload/Image/Abu_Dhabi_3_14182556.jpg) (дата обращения 01.03.2022).
2. Топ-20 – шедевры из бетона и стекла [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.psdом.ru/catalog/top-20-shedevry-iz-betona-i-stekla> (дата обращения 02.03.2022).
3. Capital Gate / RMJM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.archdaily.com/889854/capital-gate-rmjm> (дата обращения 03.03.2022).
4. Конструктивные особенности высотных зданий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://thepresentation.ru/uncategorized/konstruktivnye-osobennosti-vysotnyh-zdaniy> (дата обращения 03.03.2022).
5. Акимова Е. А. Проекты архитектурного бюро SOM для Объединенных Арабских Эмиратов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/proekty-arhitekturnogo-byuro-som-dlya-obedinennyh-arabskih-emiratorov/viewer> (дата обращения 04.03.2022).
6. Современная архитектура ОАЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://middleeastarchitecture.uaecis.com/sovremennaya-arhitektura-uae/19/> (дата обращения 04.03.2022).
7. Коротич А. В. Художественные особенности современной высотной архитектуры Ближнего Востока. Объединенные Арабские Эмираты. Дубай [Электронный ресурс].

- Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/hudozhestvennye-osobennosti-sovremennoy-vysotnoy-arhitektury-blizhnego-vostoka-obedinennye-arabskie-emiraty-dubay/viewer> (дата обращения 02.03.2022).
8. Климова А. А, Агеева Е. Ю. Особенности строительства небоскреба Бурдж-Халифа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017036330> (дата обращения 03.03.2022).
9. Уникальные здания и сооружения. Идеи, которые перевернули мир [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://isi.sfu-kras.ru/sites/is.institute.sfu-kras.ru/files/Unikalnye\\_zdaniya\\_i\\_sooruzheniya.pdf](http://isi.sfu-kras.ru/sites/is.institute.sfu-kras.ru/files/Unikalnye_zdaniya_i_sooruzheniya.pdf). (дата обращения 03.03.2022).
10. Дубай опередил другие города мира по количеству построенных в 2020 году небоскребов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://emirates.estate/ru/news/dubai-completes-more-skyscrapers-than-any-other-city-in-the-world-in-2020/> (дата обращения 04.03.2022).
11. Экологически рациональное строительство в Дубае: Преимущества и перспективы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.thefirstgroup.com/ru/news> (дата обращения 04.03.2022).