

ЛЕДЯЙКИН А. С., УТКИНА В. Н.

РАЗВИТИЕ ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИИ

Аннотация. Представлен обзор развития высотного строительства в России. Рассмотрены конструктивные решения, применяемые в высотных зданиях. Определены задачи и проблемы высотного строительства в стране.

Ключевые слова: высотное строительство, небоскреб, стальной каркас, железобетон, конструкции, проблемы, развитие.

LEDYAYKIN A. S., UTKINA V. N.

DEVELOPMENT OF HIGH-RISE CONSTRUCTION IN RUSSIA

Abstract. An overview of the development of high-rise construction in Russia is provided. The design solutions of high-rise buildings are considered. The objectives and problems of high-rise construction in the country are defined.

Keywords: high-rise construction, skyscraper, steel frame, reinforced concrete, constructions, problems, development.

Высотное строительство является символом процветания и экономического роста во всем мире. Строительство высотного здания является очень дорогим и технически сложным процессом. Оно требует высокого уровня развития промышленности, высокой квалификации проектировщиков и строителей. Небоскребы строятся во всех экономически развитых странах, таких как США, Китай, ОАЭ, Япония и других. Россия не является исключением. Сегодня в мире около 10 тысяч небоскребов, из них в России – 221. Она лидирует в Европе по высоткам, семь из десяти самых высоких башен на континенте находятся в России [1; 2].

Высотные здания и сооружения в нашей стране начали строить позже, чем в США. Первые высотки в Советском Союзе появились после окончания Великой Отечественной войны. В 1947 году была начата работа по проектированию и строительству первых восьми Сталинских высоток в Москве. Опираясь на зарубежный опыт строительства, необходимо было не повторять ошибок при возведении таких зданий.

Среди первых высоток выделяется комплекс зданий Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова на Воробьевых горах (рис. 1). В 1953 году завершилось строительство центральной части комплекса высотой 238 метров. Это сооружение оставалось самым высоким на континенте до 1990 года. В состав комплекса входит 27 основных построек. Главный корпус имеет 32 этажа, в нем размещены факультеты и

административные помещения. Монументальность здания просматривается в каждом его элементе, включая башню со шпилем высотой 57 м.



Рис. 1. МГУ им. М.В. Ломоносова (238 м, 1953 г.).

Для высотных зданий применялись каркасы из стали и железобетона. Стальной каркас являлся более индустриальным, но его применение связано с большим расходом стали. При проектировании высотных зданий в Москве конструкторы разработали новое, промежуточное по степени экономичности и индустриальности решение – железобетонный каркас с жесткой арматурой. Стальные конструкции каркасов высотных зданий были не только изготовлены, но и полностью смонтированы на сварке, имеющей значительные преимущества перед соединениями на заклепках – снижение веса, трудоемкости изготовления элементов и монтажа. Перекрытия проектировались монолитными железобетонными, жестко связанными с каркасом. Они обеспечивали пространственную жесткость здания и более равномерную работу всех элементов каркаса на горизонтальные усилия от ветровых нагрузок [3].

В течение 1956 – 1959 годов принималось решение о постройке нового телевизионного комплекса, который послужил бы заменой Шаболовки. В 1960 году в Москве было начато строительство Останкинской телебашни высотой 540 м (рис. 2). По проекту башня представляет собой форму перевернутого цветка лилии с толстым стеблем, переходящим в мощные лепестки-опоры. В первом варианте было всего четыре опоры, но затем их количество увеличили до десяти. Центр тяжести башни расположен на высоте 110 м.

В качестве основного материала был выбран предварительно напряженный железобетон. Башня опирается на неглубокий монолитный кольцевой железобетонный фундамент, имеющий ширину 9,5 м, высоту 3 м и диаметр 74 м. Фундамент заложен в грунт на глубину не более 4,65 метра. Устойчивость башни на опрокидывание обеспечивается за счет превышения массы основания над массой мачтовой конструкции и имеет шестикратный запас. Железобетонная опора всего сооружения представляет собой тонкостенную коническую оболочку, которая стоит десятью «ногами» на фундаменте. Диаметр нижнего основания оболочки равен 60,6 м, а на высоте 63 метра он составляет 18 м. Верхняя часть железобетонного ствола, начиная с высоты 321 м, выполнена в виде цилиндра с наружным диаметром 8,1 метра. В центре конического основания на самостоятельном фундаменте в виде круглой плиты диаметром 12 м и толщиной 1 м возведен железобетонный стакан высотой 63 м и диаметром 7,5 м. В нем расположены скоростные лифты, силовые кабели, кабели связи, шахта с водопроводными стояками и аварийная стальная лестница. Балки междуэтажных перекрытий опираются на стакан, лестничная клетка проходит между стаканом и конусным основанием. Сооружение отдельных фундаментов для двух независимых конструкций (башни и стакана) позволяет передать на грунт различное давление при их неравномерной осадке [4].



Рис. 2. Останкинская телебашня (540 м, 1960 –1967 г.).

В конце 1990-х годов было принято решение строительства Московского международного делового центра (ММДЦ) «Москва-Сити», где уже возведено 13 высотных объектов из 23-х запланированных. В 2003 году началось строительство уникального комплекса «Федерация» (рис. 3).

Это сооружение состоит из двух разновысотных трехгранных башен «Запад» и «Восток», расположенных на одном стилобате. «Запад» имеет высоту 243 метра и 63 этажа, а «Восток» – 374 метров и 97 этажей. Эти башни предполагалось соединить между собой вертикальной «стрелой» – шпилем высотой 506 метров, но от строительства шпиля затем было решено отказаться.



Рис. 3. Башня «Федерация» («Запад» – 243 м, «Восток» – 374 м, 2003 – 2017 гг.).

При возведении комплекса был использован специально разработанный бетон класса В90. Фундамент состоит из монолитного ростверка высотой 6 м и буронабивных свай диаметром 1,5 м и длиной 30 м. Основными несущими вертикальными элементами зданий являются монолитные стеновые конструкции центрального ядра и 25 колонн по периметру. Поэтажно все вертикальные конструкции объединены горизонтальными дисками перекрытий из монолитных плит. По всей высоте зданий через каждые 25 – 30 этажей предусмотрены ауригерные этажи из высокопрочных стальных конструкций. Они имеют повышенную жесткость, обеспечивающую расчетные параметры горизонтальных деформаций конструкций и устойчивости всего здания. Эти этажи технологически совмещены с техническими этажами, где размещаются инженерное оборудование и трассы

трубопроводов. Фасады башен сложной геометрической формы выполнены с применением новейших систем остекления, отражающих солнечное излучение и сохраняющих оптимальную температуру в здании. Ограждающие конструкции шестиуровневого стилобата также имеют сплошное остекление [5].

Оригинальное проектное решение применялось и в многофункциональном комплексе «Город Столиц». Он строился на берегу Москва-реки в 2005 – 2009 годах (рис. 4).



Рис. 4. Комплекс «Город Столиц» («Москва» – 302 м, «Санкт-Петербург» – 257 м, 2005 – 2009 гг.).

Этот комплекс состоит из двух башен «Москва» и «Санкт-Петербург» на общем стилобате. Высота башни «Москва» равна 302 м (73 этажа), а «Санкт-Петербург» – 257 м (65 этажей). 18-этажный стилобат имеет высоту 76 м.

Башни состоят из отдельных блоков прямоугольной формы, которые попеременно сдвигаются вокруг своей оси на уровне технических этажей. Здания имеют очень необычную геометрию, сложное конструктивное решение с пространственным каркасом и ядрами жесткости. Геометрическая форма башен позволяет обеспечить высокую прочность конструкции и создавать просторные помещения с панорамным остеклением [6].

Символом новой Москвы является и башня «Эволюция» (строительство 2011–2014 гг.). Спиралеобразная башня олицетворяет собой союз двух начал (рис. 5). Высота башни 255 м, каждый из 52-х этажей имеет поворот относительно предыдущего на 3 градуса. Таким образом, здание получилось «закрученным» более чем на 150 градусов. Основные несущие конструкции в виде центрального ядра и восьми колонн с 15-ти метровыми

пролетами между осями расположены строго вертикально на всю высоту. Только четыре угловых опоры повторяют спиралеобразную геометрию здания. На самом верху башни две асимметричные «арки» пролетом 41 м визуально объединяют два противоположных фасада [7; 8].

Принятый в 2010 г. генплан развития Москвы предполагает, что в столице появится около сотни небоскребов, будет закончено возведение ММДЦ «Москва-Сити» и начнется строительство «Большого Сити». Развивается высотное строительство и за пределами Москвы в крупных городах России, таких как Санкт-Петербург, Екатеринбург, Грозный и др.



Рис. 5. Башня «Эволюция» (255 м, 2011 – 2014 гг.).

Нельзя не отметить выдающийся проект общественно-делового комплекса «Лахта Центр», строящегося в Санкт-Петербурге на берегу Финского залива (рис. 6). В концепции центра отражены основные архитектурные мотивы северной столицы. Здесь мы видим одинокий шпиль в горизонтальном ландшафте и наклонные здания стилобатной части, которые символизируют корпус корабля. Современный комплекс максимально сливается с окружающей средой. Этот эффект будет усилен и за счет применения нового стекла. Высотное здание будет менять цвет в разное время суток, что создаст ощущение «живого» объекта.

«Лахта Центр» включает небоскреб и многофункциональное здание, которое разделено на Южный и Северный блоки. Небоскреб должен стать самым высоким зданием в

России и Европе. Его высота достигнет 462-х метров при 87 этажах. «Лахта Центр» планируется ввести в эксплуатацию в 3-м квартале 2018 года. На данный момент (декабрь 2017 года) продолжается монтаж шпиля. Установлен 7-й ярус колонн. Общая высота небоскреба достигла 422 метров [9].

Башня имеет уникальные конструктивные решения. Коробчатый фундамент состоит из трех железобетонных плит, установлен на 264 буронабивных сваи, каждая глубиной 82 м и диаметром 2 м. Пространства между плитами фундамента образуют подземные этажи. Небоскреб имеет железобетонное ядро с высшей степенью огнестойкости, внутри которого находятся технические помещения и зоны безопасности, коммуникации и вертикальный транспорт. Горизонтальную жесткость обеспечивают аутригерные этажи, расположенные через каждые 70 м по высоте. Устойчивость башни должна быть обеспечена даже при удалении 30 % опорных конструкций. В состав башни входят 189 тысяч металлоконструкций и балок перекрытий, но одинаковых – только две. Это объясняется тем, что здание закручивается, и каждое перекрытие отличается от следующего на 3 градуса. Более трети комплекса займут общественные пространства: планетарий, открытый амфитеатр, обзорная площадка, а также универсальный зал для конгрессов, театральных и музыкальных представлений



Рис. 6. «Лахта Центр» (462 м, 2012 – 2018 гг.).

За период с 1947 по 2017 гг. был накоплен бесценный опыт проектирования, строительства и эксплуатации высотных зданий в России. Интерес к этой теме наглядно продемонстрировал прошедший в Екатеринбурге в октябре 2017 г. Международный форум «100+ Forum Russia», на котором определены основные задачи, проблемы и перспективы развития высотного строительства.

Основными задачами современного высотного строительства являются: повышение надежности зданий и сооружений; применение передовых архитектурных и конструктивных решений с учетом таких особенностей, как совместная работа несущих конструкций, очень высокая нагрузка на конструкции, фундаменты и основания, превалирующее значение горизонтальных нагрузок; эффективное использование энергии на отопление и вентиляцию; обеспечение безопасности людей.

Отмечается и ряд проблем. В первую очередь, это несовершенство нормативной документации по проектированию и строительству высотных зданий. Во-вторых, вопрос обеспечения пожарной безопасности. В настоящее время идет активная работа по созданию отечественной нормативной базы по высотному строительству [10; 11].

Другая проблема – это сложность размещения небоскребов в существующей городской застройке. Большинство городов России имеет сложившийся исторический центр, который совпадает с наиболее удачными местами для строительства высотных объектов. На окраинах городов высотные здания являются менее привлекательными для людей, экономически неоправданными, отсюда возникает сложный выбор [12].

Но, несмотря на проблемы, темпы развития строительства высотных зданий в России растут. Этому содействует развитие материально-технической базы, повышение стоимости городской земли в крупных городах страны, совершенствование существующих и изобретение новых, более эффективных, строительных материалов, конструкций и инновационных технологий, а также использование современных программных комплексов и информационного моделирования в строительном проектировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современное высотное строительство. – М.: ГУП «ИТЦ Москомархитектуры», 2007. – 440 с.
2. Ледяйкин А. С., Уткина В. Н. Обзор зарубежного опыта проектирования высотных зданий [Электронный ресурс] // Огарев-online. – 2017. – №11. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/obzor-zarubezhnogo-opyta-proektirovaniya-vysotnyx-zdaniy>.

3. История строительства высотки МГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://masterok.livejournal.com/658447.html>.
4. Строительство Останкинской башни [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://varlamov.ru/98913.html>.
5. Комплекс «Федерация». Инженерные решения башни «Восток» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://zvt.abok.ru/articles/331/Kompleks_Federatsiya_Inzhenernie_resheniya_bashni_Vostok.
6. Генералов В. П. Особенности проектирования высотных зданий: учеб. пособие. – Самара: Изд-во Самарск. гос. арх.-строит. ун-та, 2009. – 296 с.
7. Сапожникова А. Символы новой Москвы. // Высотные здания. – 2007. – № 6. – С. 46–51.
8. Башня Эволюция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Башня_Эволюция.
9. Лахта Центр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lakhta.center/ru/>.
10. Потапова Ю. И. Высотное строительство в России – проблемы, задачи и способы их решения // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 6. – С. 14–16.
11. Исаков А. И. Высотное строительство в России // Синергия наук. – 2016. – № 6. – С. 442–458.
12. Левада Г. П., Костина Л. К., Тарасов М. В. Определение наиболее рациональной этажности современных офисных зданий // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2015. – Т. 15. – № 2. – С. 5–12.