

Современные тенденции в проектировании и строительстве высотных зданий

П.В. Иванова, М.Н. Григорян

Донской Государственный Технический Университет

Аннотация: В статье приводятся итоговые показатели за 2018 год, а именно количество завершённых зданий высотой от 200 метров и доля применяемого в строительстве основного материала конструкций. Проведён анализ наиболее выдающихся объектов высотного строительства за последние десять лет и сформулированы универсальные приёмы, позволяющие достигнуть повышения энергоэффективности и экологичности эксплуатации высотных зданий. Описание каждого приёма сопровождается примером его реализации в конкретном уникальном здании.

Ключевые слова: высотное здание, энергоэффективность, экологичный небоскрёб, экологический контроль, модульное энергоэффективное остекление, атриумные пространства, архофитомелиорация.

Высотное строительство растёт хорошими темпами и особенно в течение последнего десятилетия. В 2018 году общее количество завершённых зданий высотой от 200 метров и выше равно 143, а рекордный уровень равный 147 высоткам был достигнут в 2017 году. Общее количество зданий высотой более 200 метров в мире в настоящее время составляет 1478, что на 141 процент больше, чем 614 зданий в 2010 году. В 2018 году было зарегистрировано 18 «сверхвысоких» зданий высотой от 300 метров, а это больше чем за любой предыдущий год [1].

Роль бетона в качестве основного материала конструкций в 2018 году ещё больше укрепилась, он был применён в 90 из 143 зданий высотой 200 метров и выше, доля которых составляет 62,9 % от общего количества высоток. Это явное увеличение по сравнению с 74 зданиями (51 %) в 2017 году.

«Композитные» конструкции, в которых используется более одного материала в связующих и несущих элементах, составили 50 зданий (35 %), что говорит об уменьшении в сравнении с 2017 годом, когда число составило 64 здания (44,4%). Пример «композитных» конструкций: ядро жёсткости

выполняется из железобетона, колонны сталежелезобетонные, а перекрытия из стали.

Полностью стальной каркас в высотном строительстве применяется редко. В 2018 году построено только одно здание, где в качестве основного конструкционного материала применена сталь, это 181 Fremont в Сан-Франциско, 245-метровое жилое и офисное здание.

Высотное здание является высокотехнологичным, интеллектуальным, нуждающимся в достаточном энергопотреблении объектом строительства. Применение энергоэффективных решений, отражается на архитектурном образе здания, влияет на форму и пластику, дизайн поверхностей, а также формирует индивидуальные объёмно-планировочные решения [2]. Желание архитекторов создать энергоэффективное, биоклиматическое здание с замкнутым циклом жизнеобеспечения и нулевым энергопотреблением является эталонным направлением в проектировании объектов высотного строительства.

Путём подбора энергоэффективной инженерии и материалов, оптимальных объёмно-планировочных решений достигается снижение энергозатрат. Проанализировав наиболее выдающиеся объекты высотного строительства можно выделить универсальные приёмы, позволяющие достигнуть целевые параметры по энергоэффективности:

1. Оболочки зданий с фасадными системами. Данный приём позволяет обеспечить благоприятный климат внутри здания, за счёт соответствующей реакции на разные климатические условия [3]. Среди таких систем ограждающие конструкции диагональных сетчатых оболочек с модульным энергоэффективным остеклением, кинетические элементы, которые обеспечивают комфорт с небольшими энергетическими затратами.

Примером такого решения служит Штаб-квартира китайской национальной табачной компании (CNTC), которая располагается в одном из

самых экологичных небоскребов в мире «The Pearl River Tower» (Рис. 1). «Башня жемчужной реки» высотой в 310 метров создана как здание нулевой энергии, то есть она не потребляет электроэнергию из внешней сети.

Плавные формы небоскреба напоминают волны. Его южный фасад оборудован двойным остеклением с вентиляцией между стеклами, что в значительной степени снижает нагрев здания и затраты на кондиционирование. В небоскребе установлены «умные» жалюзи, которые открываются и закрываются в зависимости от погоды, а на крыше располагаются резервуары для дождевых осадков с системой очистки и рециркуляции воды. «Pearl River Tower» оборудована фотоэлектрическими панелями и солнечными тепловыми коллекторами, которые нагревают воду.

На двух технических этажах внутри здания расположены гигантские ветровые турбины, которые дают в 15 раз больше энергии, чем обычные ветряные мельницы. Излишки электричества собираются в аккумуляторные батареи.



Рис. 1. Башня «The Pearl River Tower»



Рис. 2. «Shanghai Tower»

2. Скручивание высотных зданий со сдвигом этажей вокруг вертикальной оси, обтекаемость форм фасада минимизирует аэродинамические нагрузки и делает их зрелищными объектами.

Шанхайская башня, международное название «Shanghai Tower» (Рис. 2), первое по высоте здание в Китае и второе в мире. Сооружение является

уникальным, и главная его особенность - это закручивание здания вокруг вертикальной оси на 120 градусов, что является инновационным архитектурным и конструктивным решением [4].

Испытания в аэродинамической трубе подтвердили 24% экономию в структурной ветровой нагрузке. По вертикали здание разделено на девять участков и в каждом от 12 до 15 этажей. Все участки самодостаточны и имеют собственный вестибюль, а так же наполненный светом атриум, где устроены сады. Внутренняя цилиндрическая часть всех зон имеет связку с внешним каркасом. На границе смежных поясов располагаются технические этажи, высотой в два этажа [5]. В пространстве этих этажей установлены несущие элементы - аутригерные фермы, а также размещаются все технические системы жизнеобеспечения.

3. Атриумные пространства. Обеспечивают естественную вентиляцию, повышают теплоизоляционные свойства фасадных оболочек, а в холодных регионах позволяют создавать комфортные условия для искусственной природной среды в интерьерах.

Башня «Leeza Soho» (Рис. 3.) высотой 207 метров (2018 г.) находится на юго-западе Пекина, где ведётся строительство железнодорожной сети. Здание 46-этажного небоскрёба находится прямо над туннелем метро и представляет собой два объёма по обе стороны от туннеля, соединённые оболочкой. Таким образом в центре образуется открытый атриум высотой 190 метров, который соединится со станцией метро и создаёт новое общественное пространство города.

По мере того, как башня поднимается от земли, диагональная ось, определяемая линией туннеля метро, начинает «закручиваться» и разворачивает здание на 45 градусов. Каждые десять этажей башню объединяют конструктивные кольца. В зоне атриума они превращаются в мосты, которые служат переходами между корпусами.

Двойное изоляционное остекление поддерживает комфортную внутреннюю среду за счёт того, что стеклопакеты на каждом этаже установлены под нужным углом, позволяющим вентиляционным «рёбрам» вытягивать воздух снаружи[6].

В здании функционирует система управления энергопотреблением 3D BIM, которая проводит экологический контроль и оценивает энергоэффективность в реальном времени, контролирует систему повторного использования тепла из отработанного воздуха, высокоэффективных насосов и вентиляторов, освещения и датчиков.



Рис. 3. Башня «Leeza Soho»



Рис. 4. Жилой дом «432 Park Avenue»

4. Наименьший периметр при необходимой полезной площади. Данный приём ведёт к снижению теплопотерь. Появление супертонких небоскрёбов с большим процентом гибкости конструкций показывает насколько компактным может быть план высотного здания.

Например, стеснённые градостроительные условия на Манхэттене в Нью-Йорке, где есть спрос на элитную недвижимость появилось большое количество аскетичных, супертонких небоскрёбов внедряющихся в сверхплотную застройку. У некоторых из них соотношение базовой ширины к высоте достигает 1:23[7].

. Жилой дом «432 Park Avenue» (Рис. 4.) высотой 425,5 метра был построен в 2015 году в Нью-Йорке. Эта высокая стройная башня на Парк-авеню в Нью-Йорке — уже сотый по счету небоскреб, относящийся к категории сверхвысоких, то есть выше 300 метров. Сразу бросается в глаза, что это здание очень узкое для небоскреба: соотношение высоты к ширине составляет 15:1. Такая пропорция появилась после того, как с помощью моделирования выяснили, как распределить ветровую нагрузку на небоскреб. Для этого между жилыми этажами с определенными интервалами предусмотрены открытые технические этажи, через которые почти беспрепятственно проходит ветер.

Чтобы минимизировать раскачивание, внутри небоскреба установлены маятниковые гасители, предназначенные для снижения инерционных колебаний здания[8].



Рис. 5. Небоскреб «Nanjing Green Towers»



Рис. 6. Здание «The Hearst Tower»

5. Архофитомелиорация превращает высотные здания в оазисы, «лёгкие» города [9]. А свойственный большим городам в районах с тёплым климатом перегрев окружающей территории исключается применением озеленения внутреннего пространства зданий и «зелёных» фасадных систем.

Стоит обратить внимание на новый небоскреб «Nanjing Green Towers» (Рис. 5.), построенный в конце 2018 года в городе Нанкин, он стал увеличенной копией знаменитого Bosco Verticale («вертикальный лес») в Милане, который возвели в 2011 году. Автором концепции возведения копии стал итальянский архитектор Стефано Боэри.

Здание «Вертикальный лес» включает два высотных дома и комплекс-платформу. Высота одного высотного дома — 200 метров, в нём расположены офисы, музей и институт «зеленой» архитектуры. Высота второго высотного здания — 108 метров, здесь располагается гостиница, а на крыше оборудован бассейн.

Нанкинский «Вертикальный лес» состоит примерно из 1100 деревьев 23 видов и более 2500 небольших растений и кустарников. Разнообразие растений повышает уровень влажности, поглощает углекислый газ и перерабатывает его в кислород, а также защищает людей и здание от солнечной радиации и шумового загрязнения.

6. Применение переработанных материалов в конструкциях зданий, которые в будущем можно будет утилизировать.

Башня Херста, международное название «The Hearst Tower» (Рис. 6) является примером для данной тенденции. На строительство 182 метровое здание «The Hearst Tower» в Нью-Йорке пошли материалы из вторсырья. Конструкции здания на 80% состоит из переработанной стали[10]. Большая часть внутренних помещений также сделана из отходов. На крыше небоскреба установлен резервуар на 14 000 галлонов воды для сбора дождевых осадков. Это покрывает до 50% потребности здания в воде, которая идёт на охлаждающие системы, поливку растений и фонтаны в главном холле небоскреба.

По итогам 2018 года видно, что динамика роста строительства высотных зданий продолжилась, хотя в 2017 году был достигнут рекордный

уровень равный 147 завершенных зданий высотой от 200 метров. Этот показатель свидетельствует о стабильном положении в мировой экономике и заинтересованности общества в строительстве уникальных высотных объектов.

В качестве основного материала конструкций в 2018 году чаще всего применялся бетон. За счёт своей универсальности, он позволяет реализовать любые конструктивные схемы и объемно-планировочные решения, добиваясь при этом исключительно низкой деформативности. В отличие от стальных конструкций железобетонные не нуждаются в периодическом обновлении защитных покрытий и бетон обладает уникальной способностью со временем улучшать свои свойства.

Из всего выше сказанного следует, что мировой тенденцией в высотном строительстве сегодня является повышение энергоэффективности, и идёт поиск решений по снижению затрат на обслуживание здания. При всём этом наблюдается рост этажности зданий и применяются всё более смелые дизайнерские решения, которые поражают своей формой и фактурой.

С каждым новым объектом высотного строительства архитекторы и инженеры продвигаются к приоритетной цели объединить комфорт, безопасность и эстетику с рациональными технологическими и конструктивными решениями.

Литература

1. Совет по высотным зданиям и городской среде (Council for high-rise buildings and urban environment) (CTBU). URL: ctbuh.org (дата обращения: 11.01.2019).
2. Иконописцева О.Г. Эко-дизайн энергоэффективной архитектуры // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. т. 20. №1. С. 41-51.

3. Пояснительная записка к 1-й редакции. Стандарт национального объединения строителей «Зеленое строительство». Здания жилые и общественные, рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания» URL: nngasu.ru/word/nauka/snip/poyas_zap_green_str.doc (дата обращения: 14.01.2019).

4. Шумейко В.И., Кудинов О.А. Об особенностях проектирования уникальных, большепролетных и высотных зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2164.

5. Карамышева А.А., Аракелян А.А., Коняхин В.О., Иванов Н.В. Возобновляемые источники энергии в архитектуре высотных зданий // Инженерный вестник Дона. 2018. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5097.

6. Коровина М.Д., Барашкова П.С. Обоснование необходимости энергосбережения в многоэтажном жилищном строительстве // Экология и строительство. 2017. № 2. С. 4-10.

7. Генералов В.П., Генералова Е.М. Супертонкие жилые небоскрёбы в Нью-Йорке // Градостроительство и архитектура. 2016. № 4 (25). С. 85-91.

8. Шумейко В.И. Система поддержки уникальных высотных зданий // MATEC Web of Conferences Сер. "International Science Conference SPbWOSCE-2016 "SMART City"". 2017. С. 20-26.

9. Hallebrand E., Jakobsson W. Structural design of high-rise buildings // Master's Dissertation. Lund University. 2016. URL: byggmek.lth.se/fileadmin/byggnadsmekanik/publications/tvsm5000/web5213.pdf.

10. Kayvani K. Design of high-rise buildings: past, present and future // 23rd Australasian Conference on the Mechanics of Structures and Materials. Volume I. 2014. pp. 15-20.

References

1. Sovet po vysotnym zdaniyam i gorodskoy srede [Council for high-rise buildings and urban environment (CTBU)] URL: ctbuh.org (accessed 11/01/19).
2. Ikonopistseva O.G. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. 2018. t. 20. №1. pp. 41-51.
3. Poyasnitel'naya zapiska k 1-y redaktsii. Standart natsional'nogo ob"edineniya stroiteley «Zelenoe stroitel'stvo». Zdaniya zhilye i obshchestvennye, reytingovaya sistema otsenki ustoychivosti sredy obitaniya» [The explanatory note to 1 edition. Standard of national merging of builders "Green Construction" of the building inhabited and public rating system of assessment of stability of the habitat"] URL: nngasu.ru/word/nauka/snip/poyas_zap_green_str.doc (accessed 14/01/19).
4. Shumeyko V.I., Kudinov O.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus) 2013. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2164.
5. Karamysheva A.A., Arakelyan A.A., Konyakhin V.O., Ivanov N.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus) 2018. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5097.
6. Korovina M.D., Barashkova P.S. Ekologiya i stroitel'stvo. 2017. № 2. pp. 4-10.
7. Generalov V.P., Generalova E.M. Gradostroitel'stvo i arkhitektura. 2016. № 4 (25). pp. 85-91.
8. Shumeyko V.I. MATEC Web of Conferences Ser. "International Science Conference SPbWOSCE-2016 "SMART City"". 2017, pp. 20-26.
9. Hallebrand E., Jakobsson W. Structural design of high-rise buildings. Master's Dissertation. Lund University. 2016. URL: byggmek.lth.se/fileadmin/byggnadsmekanik/publications/tvsm5000/web5213.pdf.



10. Kayvani K. Design of high-rise buildings: past, present and future. 23rd Australasian Conference on the Mechanics of Structures and Materials. Volume I. 2014. pp. 15-20.