

**Эффективные каркасные системы
монолитных железобетонных высотных зданий**

Гурло А.Н.

Научный руководитель – Пецольд Т.М.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В нашей стране высотными принято называть здания высотой свыше 75 м (более 25 жилых этажей) – для зданий жилого назначения, и свыше 50 м (более 17 жилых этажей) – для зданий общественного и многофункционального назначения. Однако общемирового четкого определения терминов «высотное здание» и «небоскреб» увы пока нет. Жилые здания свыше 100 м, а также здания общественного и многофункционального назначения более 200 м, для нашей республики, принято относить к сверхвысоким. Но опять-таки, четкой общемировой градации по высоте небоскребов (высотных зданий) человеческое общество не имеет.

Высотные здания могут иметь различное назначение: быть гостиницами, офисами, жилыми домами, учебными заведениями. Чаще всего высотные здания являются многофункциональными. В них, помимо помещений основного назначения, размещаются автостоянки, магазины, офисы, кинотеатры и т.д. Как правило, подземные помещения и нижние этажи отдают паркингам и техническим службам. И, наконец, на верхних этажах располагают помещения с хорошим видом из окна. В нежилых зданиях это могут быть дорогие рестораны и гостиницы.

Высотное здание должно быть оснащено теми же инженерными системами, что и обычные здания, однако к этим системам здесь предъявляются повышенные требования, во-первых, по надежности — совершенно очевидно, что на 15-й этаж в случае поломки лифта еще можно подняться по лестнице, а на 50-й? Во-вторых, требуется и большая мощность инженерных систем.

Одними из основных требований, предъявляемых к высотным зданиям, как показала мировая практика, являются требования комплексной безопасности, предусматривающие обеспечение путей

эвакуации при кризисных ситуациях, противопожарные и антитеррористические мероприятия, надежный контроль и управление всеми системами инженерного оборудования, дублирование ряда систем жизнеобеспечения и др. Правила, предъявляемые к высотным зданиям, в разы жестче тех, которые применяют к зданиям повышенной этажности.

При проектировании высотные здания следует относить к I-у повышенному уровню ответственности (высшего уровня по нормативной технической документации в нашей республике пока еще нет). Необходимо принимать коэффициенты надежности по ответственности при высоте здания до 100 м равными $\gamma_n = 1,1$; в диапазоне высот от 100 до 150 м – $\gamma_n = 1,15$, в диапазоне от 150 до 200 м – $\gamma_n = 1,2$. Под действием ветровой нагрузки перемещение верха высотного здания не должно превышать 1/500 для зданий высотой до 150 м включительно и 1/600 для высоты 200 м, что обеспечивает целостность остекления и перегородок, нормальную работу лифтов и другого инженерного и технологического оборудования, а также комфортные условия пребывания людей. В соответствии с зарубежным опытом это условие соблюдается при отношении ширины к высоте здания не менее 1/7, причем ширина здания принимается на уровне 2/3h. Однако в мире на данный момент уже имеются реализованные проекты зданий с гибкостью 1/10.

Для уменьшения колебаний высотных зданий под действием ветрового давления в последние годы в мировой практике проектирования стали применять подвешенные в их верхней части инертные массы (демпферы).

Анализ несущих систем высотных зданий, построенных в мире, показывает, что их конструктивное и компоновочное решение зависит, главным образом, от высоты объекта. Однако существенное влияние на выбор конструктивной схемы оказывают и такие факторы, как высота здания, сейсмическая активность района строительства, инженерно-геологические условия, атмосферные и в первую очередь ветровые воздействия, архитектурно-планировочные решения (требования к гибкой планировке, эстетические и психофизические требования).

В современном высотном строительстве применяют различные конструктивные системы и схемы с разнообразными вариантами

компоновок. Вместе с тем все конструктивные системы можно разделить на три категории: каркасные, стеновые и смешанные (комбинированные). **Каркасные системы:** *рамно-каркасная с жесткими узлами ригелей и колонн; каркасная с диафрагмами жесткости или рамно-связевая; каркасно-ствольная.* **Стеновые системы** (бескаркасные – с несущими поперечными или поперечными и продольными стенами: коробчатая (оболочковая); ствольная; поперечно-стеновая; перекрестно-стеновая. **Смешанные, комбинированные системы (каркасно-стеновые):** ствольно-стеновая; каркасно-ствольная; каркасно-оболочковая; коробчато-ствольные или же ствольно-коробчатая (ствольно-оболочковая – «труба в трубе», «труба в ферме») и др. Смешанные системы сочетают в себе отдельные признаки каркасной и стеновой систем.

Как правило, высотные здания выполняют в форме прямоугольных призм, которые, с геометрической точки зрения, подвержены горизонтальным перемещениям. Обладая прочностью благодаря их геометрической форме, такие здания имеют более высокие технико-экономические показатели или допускают большую высоту здания при меньшей стоимости.

Видоизменением усеченной пирамиды здания «Джон Хэнкок Билдинг» является полная пирамида 50-этажного здания «Трансамерика Билдинг» в Сан-Франциско (рис. 1, д). Это здание высотой 260 м, состоит из наружной рамы с жесткими узлами, которая имеет только четыре угловые колонны» образующие А-образную раму. Внутренние вертикальные колонны не пересекаются с наружными наклонными колоннами. Они обрываются на уровне 4.6 м до пересечения и только поддерживают перекрытия.

Уменьшение горизонтального прогиба здания может быть также достигнуто сужением кверху наружного каркаса, как, например, в 60-этажном здании «Ферст Нэшнл Банк», Чикаго (рис. 1, г). Преимущества такой конструкции проявляются наиболее полно, когда здание сужается по всей высоте. В здании «Ферст Нэшнл Банк» наклон наружных стальных колонн начинается с уровня одной трети от низа здания.

Цилиндрическая форма здания обеспечивает пространственный характер работы конструкции при горизонтальных нагрузках. Здания «Марина Сити Тауэрс» (рис. 1, е) в Чикаго были первыми зданиями такой формы. Типовая башня состоит из кольца колонн по

периметру и вокруг коридора, примыкающего к центральному железобетонному стволу.

Здания эллиптической формы обладают теми же преимуществами, что и цилиндрические. Здание «Франция» в Париже (рис. 1, б). Горизонтальные нагрузки воспринимаются центральным стволом, а также внутренними и наружными стенами-диафрагмами. Поскольку система стен-диафрагм распределяет горизонтальные нагрузки по широкой площади, требуемая глубина заложения фундаментов невелика.

Другой эффективной конфигурацией здания является треугольная призма. В здании «US Стил Билдинг» в Питтсбурге использована треугольная призма со скошенными углами для снижения параметров реакции здания при ветровых нагрузках.

Здание «Америкэн Бродкастинг Компани Билдинг» в Лос-Анджелесе (рис. 1, а) также имеет форму треугольной призмы. Высота здания 175 м, а в качестве конструкций наружных стен приняты фермы Виренделя (безраскосная решетка из колонн и ригелей). Ригели наружных стен передают вертикальные нагрузки на угловые колонны, в то время как горизонтальные нагрузки передаются диафрагмами перекрытий центральному стволу.

Для увеличения горизонтальной жесткости здание может иметь серповидную или змеевидную форму. Здание «Торонто Сити Холл» (рис. 1, в), состоящее из двух серповидных башен высотой 20 этажей (79 м) и 27 этажей (100 м), над двухэтажным подиумом построено с использованием этого принципа. Конструкции башни состоят из наружной вертикальной оболочки без оконных проемов, от которой к центральному ряду колонн уложены радиальные балки, имеющие консоли вылетом 2 м для опирания панелей ограждения. Плиты перекрытия укладываются по радиальным балкам. Вертикальные нагрузки воспринимаются колоннами и каркасом оболочки. Горизонтальные нагрузки воспринимаются вертикальной оболочкой, жесткость которой увеличена за счет работы плит перекрытий как ребер жесткости.

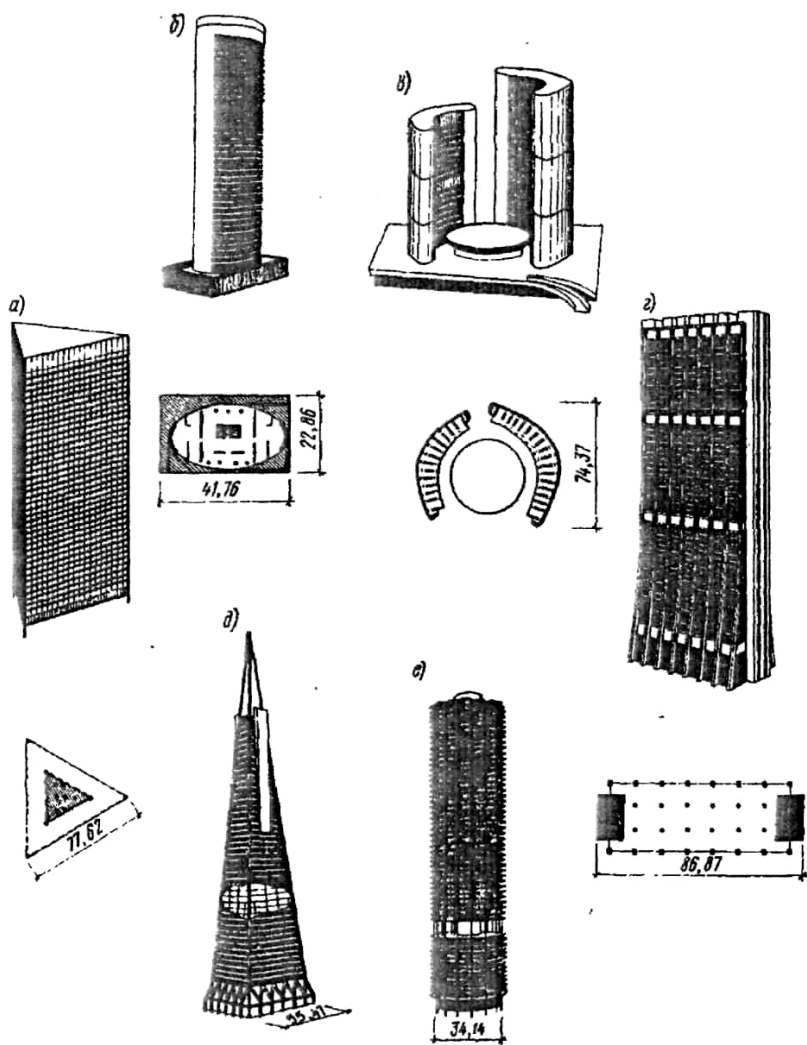


Рисунок 1 – Эффективные формы зданий:
а – треугольная призма; *б* – эллиптический цилиндр;
в – вертикальная оболочка; *г* – форма, сужающаяся кверху;
д – пирамида; *е* – круглый цилиндр

Анализ различных конструктивных систем высотных зданий показал, что при их проектировании необходимо решать огромный комплекс вопросов, которые будут диктовать наряду с архитектурно-планировочными решениями также условия живучести зданий и их экономичность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Высотные здания. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-3.02-108-2008.
2. Шуллер, В. Конструкции высотных зданий / пер. с англ. – Стройиздат, 1979. – 248 с.
3. Конструкции высотных зданий за рубежом / обзор О.М. Попковой. – М.: ЦИНИС Госстроя СССР, 1973.
4. Магай, А.А. Архитектура высотных зданий. – М.: Окей-Книга, 2007. – 287 с., ил.
5. Маклакова, Т.Г. Высотные здания. – М.: «АСВ», 2006. – 160 с., ил.
6. Рафайнер, Ф. Высотные здания: объемно-планировочные и конструктивные решения / сокр. пер. с нем. Л.Э. Балановского; под ред. Ю.А. Дыховичного. – М.: Стройиздат, 1982. – 180 с., ил. – Перевод изд.: Hochhauser / F.Rafeiner. – 1978.
7. Современное высотное строительство. – М.: ГУП «ИТЦ Москомархитектуры», 2007. – 464 с., ил.
8. Интернет-ресурсы:
<http://www.allofremont.com>;
<http://www.arhitecture.ru>;
<http://www.stroinauka.ru>;
<http://www.ais.by>.