

Обеспечение устойчивости высотных уникальных зданий.

Архитектурно-планировочные и конструктивные решения.

А.А. Карамышева, А.А. Аракелян, Н.В. Иванов, В.О. Коняхин, Гранкина Д.В.

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: В статье исследуются различные архитектурно-конструктивные решения, которые обеспечивают устойчивость высотных уникальных зданий и сооружений при действии значительных поперечных нагрузок, возникающих от сильных ветровых воздействий. Даются рекомендации выбора конструктивных решений для достижения наибольшей устойчивости и жесткости высотных зданий.

Ключевые слова: высотное уникальное здание, устойчивость, несущие системы, моделирование, прогрессирующее обрушение, конструктивная система, ауриггер, небоскреб, колонна, ядро жесткости, прочность, надежность, горизонтальная нагрузка.

При проектировании высотных уникальных зданий и сооружений на стадии «проектная документация» разрабатываются в соответствии с государственными нормами, правилами и стандартами архитектурно-конструктивные и объемно-планировочные решения. Они решают главные задачи проектирования объекта: подбор оптимальных несущих конструкций, определение проектных решений, которые придадут устойчивость всему зданию или сооружению. [1, 2]

Таким образом, на этапе разработки конструктивных и объемно-планировочных решений закладывается система обеспечения необходимой прочности, жесткости, устойчивости, а также оптимизация несущих конструкций зданий. Из этого следует, что этот раздел является важнейшим этапом проектирования зданий и сооружений.

Проектирование высотных уникальных зданий является одной из сложнейших задач и прежде всего за счет преобладания вертикальной координаты над горизонтальными размерами и площадью основания. Значительная высота небоскреба воспринимает такую ветровую нагрузку, которая может превышать общий вес сооружения.

Для высотных зданий устойчивость во многом зависит от формы объема. Здание-пластина является наиболее не эффективной формой по устойчивости так как имеет большую парусность и узкую опорную площадь.

Повысить устойчивость здания можно, применяя наиболее эффективные формы:

- придание зданию пирамидальности, конусности, сужение объема кверху;
- применение обтекаемой цилиндрической формы зданий или близкой к ней;
- увеличение формы плана здания стилобатных систем, верхней части ступенчатого цокольного этажа, который объединяет несколько зданий. [3]

В высотных уникальных зданиях от действия ветровых нагрузок у основания возникают большие изгибающие моменты. Их восприятия можно обеспечить надежной анкерровкой в грунт основания. При этом, здание будет работать как жесткая консоль с большими горизонтальными нагрузками.

Уменьшить боковую ветровую нагрузку можно с помощью изменения поперечного сечения здания. Сужение и расширение горизонтального сечения создают каналы, по которым формируются условия обтекания здания, уменьшающие ветровое воздействие. Такую роль могут выполнять сквозные проемы, организованные в разных по высоте частях здания.

С тех пор как небоскребы стали многофункциональными зданиями их типология значительно расширилась. Их формы могут быть самыми разнообразными: линзы или капли, производные от круга, переходные формы треугольников, с округлыми гранями, квадратные и ромбовидные в плане, форму пирамиды и многие другие.

Конфигурация сооружения, соотношения его размеров являются базовыми при проектировании высотных зданий и определении рациональных конструктивно-планировочных решений.

Одна из важнейших задач проектирования высотных зданий – защита от прогрессирующего разрушения. Свод правил «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования» предусматривают защиту здания при локальных разрушениях несущих конструкций от аварийных воздействий при пожарах, взрывах, ударных воздействиях и др. Допускаются мелкие локальные разрушения отдельных несущих вертикальных элементов одного этажа, не приводящие к разрушению конструкций, которые воспринимают нагрузку [4, 5]

Устойчивость высотного здания от прогрессирующего обрушения рекомендуется обеспечить следующими средствами:

- рациональными конструктивно-планировочными решениями здания с учетом вероятности возникновения аварийной ситуации;
- обеспечением неразрезности конструкций;
- применением конструктивных решений и материалов, допускающих развитие в соединениях и элементах конструкций пластических деформаций;

. Сегодня неуклонно растет количество проектов уникальных высотных зданий любых конфигураций и форм различной аэродинамической модификации. Как правило, это не столько стремление к новациям архитекторов, проектировщиков и инженеров, сколько улучшение аэродинамических характеристик здания, а для небоскребов это ключевой момент. [6, 7]

Улучшить ветроустойчивость высотных зданий можно, изменяя его форму сечения по высоте и конфигурацию углов. Аэродинамические модификации могут применяться различного вида:

- здания усложненного поперечного сечения, например, в виде многоугольника или Y-типа;
 - здания, имеющие несимметричное сечение, в виде сплошной или ступенчатой пирамиды;
-

- здания, у которых углы разной конфигурации;
- здания, имеющие сквозные проемы фасадов.

Конструктивные системы зданий состоят из вертикальных и горизонтальных несущих элементов, а также фундаментов. Они должны обеспечивать прочность, устойчивость и необходимый уровень эксплуатационных качеств высотных зданий. При проектировании высотных зданий для достижения наибольшей жесткости и устойчивости рекомендуется применять:

- симметричное расположение ядер жесткости и диафрагм;
- коробчатые конструктивные системы с несущими колоннами или стенами по всему контуру;
- регулярное расположение в плане здания несущих конструкций по высоте;
- жесткие диски перекрытий, которые являются горизонтальными диафрагмами жесткости;
- жесткие узлы соединения несущих конструкций в узлах;
- использовать аутригерные конструкции на уровнях технических этажей; количество таких уровней зависит от сейсмичности районов и определяется расчетом. [8]

Применение системы аутригеров, а также ленточных поясов для высотных уникальных зданий в современном проектировании является основным решением для контроля боковых сдвигов здания. Такая система включает центральное ядро, соединенное с внешними колоннами жесткими связями системами, работающие на сдвиг, горизонтальные консольные фермы или балки. Аутригеры высотных зданий являются связующим звеном между ядром здания и наружными колоннами. [9]

При использовании ленточных поясов передача опрокидывающего момента от ядра колоннам может проходить без прямого соединения пояса-

бандажа с ядром. При этом, связь колонн и ленточного пояса осуществляется диафрагмой перекрытия очень жесткой в своей плоскости. Использование аутригерных систем и поясов жесткости при проектировании высотных уникальных зданий дает возможность значительно повысить его устойчивость и жесткость, уменьшить толщину ядра и площадь армирования.

К основным правилам обеспечения устойчивости высотных уникальных зданий и сооружений следует также отнести возможно близкое расположения центра масс к его основанию.

Самое часто применяемое решение по фундаментам высотных зданий – это плитно-свайные, свайные и плитные.

Главное условие проектно-конструктивного решения – не допустить появления предельного состояния при необходимом коэффициенте надежности. При этом должны быть рассмотрены все возможные ситуации на стадии строительства и эксплуатации здания или сооружения.

Из конструктивных материалов в высотном строительстве широко применяются композиты, которые в процентном отношении приближаются к бетону. Использование стальных конструкций становится меньше. [10]

На основании вышеизложенного можно сделать ряд рекомендаций по проектированию высотных зданий:

1. При проектировании высотных зданий на этапе конструирования и объемно-планировочные решения при применении оптимальных и рациональных решений можно максимально добиться обеспечения прочности, жесткости и устойчивости зданий и сооружений.

2. Очень важно учесть ветровую нагрузку, которая может превышать общий вес сооружения.

3. Объемно-пространственные решения должны ограничить положение результирующего вектора сил подошвой фундамента.

4. Использовать наиболее эффективные обтекаемой формы здания.

5. Использовать аэродинамическую модификацию, изменяя форму сечения здания по высоте и конфигурацию его углов.

6. Для достижения необходимой жесткости и устойчивости высотных зданий необходимо применять рациональные конструктивные системы, использовать аутригерные конструкции на технических этажах.

7. При выборе решения по фундаментам необходимо рассмотреть различные варианты их работы на стадии строительства и эксплуатации здания и сооружения.

Литература

1. Маклакова Т.Г. Высотные здания. Москва: АВС, 2008. 160 с.
2. Евтушенко А.И., Олейникова Е.В., Агеева В.А. и др. Развитие высотного строительства в Ростове-на-Дону // Инженерный вестник Дона, 2017, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4404.
3. Пономарев В.А. Архитектурное конструирование. Москва: Архитектура – С, 2008. 737 с.
4. Bungale S. Taranath. Structural Analysis and Design of Tall Buildings: Steel and Composite Construction. Florida (USA): CRC Press, 2016. pp. 44-48.
5. Johannes R. D., Steenbergen M. Super Elements in High-rise Buildings Under Stochastic Wind Load. Netherlands: Eburon Uitgeverij, 2007. 293 p.
6. Shumeyko V.I. The support systems of unique high-rise buildings // MATEC International science conference “Smart city”. St. Petersburg: EDP Sciences, 2017. 106 p.
7. Choi H. S., Ho G., Joseph L. Outrigger Design for High-Rise Buildings. UK: Routledge, 2017. pp. 8-10.
8. Шумейко В.И., Кудинов, О.А. Об особенностях проектирования уникальных, большепролетных и высотных зданий и сооружений //



Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL:
ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2164.

9. Karamysheva A.A., Shumeyko V.I. Rational constructional and planning concepts of high-rise buildings' stabilization // Engineering studies. Volume 9, №3, 2017. pp. 696-702.

10. Zhang H. Building Materials in Civil Engineering. Netherlands: Elsevier, 2011. pp. 1-29.

References

1. Maklakova T.G. Vysotnye zdaniya [High-rise buildings]. Moscow: AVS, 2008. 160 p.

2. Evtushenko A.I., Oleynikova E.V., Ageeva V.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, № 4. URL: ivdon.ru.ru.magazine.archive.n4y2017.4404.

3. Ponomarev V.A. Arhitekturnoe konstruirovaniye [Architectural design]. Moscow: Arhitektura. S, 2008. 737 p.

4. Bungale S. Taranath. Structural Analysis and Design of Tall Buildings: Steel and Composite Construction. Florida (USA): CRC Press, 2016. pp. 44-48.

5. Johannes R. D., Steenbergen M. Super Elements in High-rise Buildings under Stochastic Wind Load. Netherlands: Eburon Uitgeverij, 2007. 293 p.

6. Shumeyko V.I. The support systems of unique high-rise buildings. MATEC International science conference "Smart city". St. Petersburg: EDP Sciences, 2017. 106 p.

7. Choi H. S., Ho G., Joseph L. Outrigger Design for High-Rise Buildings. UK: Routledge, 2017. pp. 8-10.

8. Shumejko V. I., Kudinov O.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: ivdon.ru.ru.magazine.archive.n4y2013.2164.



9. Karamysheva A.A., Shumeyko V.I. «Rational constructional and planning concepts of high-rise buildings' stabilization». Engineering studies. Volume 9, No. 3, 2017. pp. 696-702.

10. Zhang H. Building Materials in Civil Engineering. Netherlands: Elsevier, 2011. pp. 1-29.