

Аутригеры высотных зданий

А.А. Карамышева, М.А. Колотиенко, В.В. Ковалев, И.Ю. Даниленко

Донской государственный технический университет

Аннотация: В статье рассматриваются проблемы применения конструктивных систем с аутригерами для высотных зданий. Проведен анализ различных конструкций, уточнены особенности их работы, определены преимущества и недостатки, области их применения.

Ключевые слова: высотное здание, конструктивная система, аутригер, небоскреб, колонна, ядро жесткости, прочность, надежность, горизонтальная нагрузка, аэродинамика.

Высотное строительство и особенно строительство уникальных зданий высотой более 100 м и небоскребов получает все большую привлекательность в России и во всем мире. На фоне урбанизации городов, развитие мегаполисов невозможно при бесконечном увеличении их площади [1].

Сегодня большие города стремятся ввысь, поднимаясь по вертикальной координате. Высотные уникальные здания являются символами успеха, лидерства и экономической мощи. Крупнейшие компании считают, что иметь представительство в самом высоком здании мира – признак высокой конкурентоспособности, хорошая реклама, символ престижа, имиджа и успеха.

Высотные здания имеют свои особенности и значительно отличаются от обычных.

К характерным особенностям высотных зданий относятся:

- превышение горизонтальных нагрузок (ветровых) над вертикальными;
- высокая вертикальная нагрузка на конструкции, основание и фундамент;

- повышенное воздействие на безопасность от различных факторов, таких как вибрации, пожары, сейсмические нагрузки, локальные разрушения, аварии,

- сложность обеспечения совместной работы несущих конструкций здания, а также неравномерное нагружение стен, колонн, и других несущих элементов.

При проектировании и строительстве высотных зданий необходимо обеспечить их сопротивление боковым нагрузкам, возникающим от ветра или сейсмических воздействий. Поэтому на практике часто используется различные системы для сопротивления сдвигу. С увеличением высоты здания, растут и требования к большей жесткости конструкции. Для таких случаев разработаны различные системы, включающие стволы жесткости и аутригеры различных вариантов [2].

Построенные в России и зарубежном высотные уникальные здания дают множество примеров схем снижения боковых сдвигов. Существуют многочисленные системы высотных зданий, которые хорошо сопротивляются горизонтальной нагрузке.

В этих системах особое место занимают аутригеры – распорки, связывающие ядро с внешними колоннами. Аутригеры действуют как демпферы, уменьшая горизонтальные колебания. Аутригер обычно состоит из опоясывающей фермы, которая располагается по наружным колоннам, а также вертикальных связей, соединяющих центральное ядро с фермой [3,4]. В различных конструкциях могут быть двухэтажные аутригеры, а также аутригеры, в которых нет опоясывающих ферм или исключены вертикальные связи. Конструкция аутригеров в каждом высотном здании уникальна и может быть разной в пределах одного объекта [5, 6].

Система аутригеров служит для уменьшения опрокидывающего момента в ядре, которое иначе работало бы как чистая консоль, и для

передачи уменьшенного момента колоннам вне ядра, вызывая в них напряжения растяжения – сжатия, что дает возможность увеличить плечо момента между ядром и этими колоннами.

Применение аутригерных систем имеет ряд преимуществ:

- системы аутригера могут быть сформированы в любой комбинации стали, бетона или композитных материалов;

- основные опрокидывающие моменты и связанные с ними возникающие деформации могут быть уменьшены действующими обратными моментами, приложенными к ядру на каждом перекрестке аутригера. Этот момент создается парой сил во внешних колоннах, с которыми аутригер соединяется. Это может потенциально увеличить эффективность структурной системы;

- аутригеры дают значительное сокращение и, возможно, полное снятие перемещений и напряжений по колоннам и системам фундаментов;

- наружный шаг колонн не вызывает структурные изменения и может легко совмещаться с эстетическими и функциональными требованиями;

- внешнее обрамление может состоять из простых балок и колонн, без использования твёрдых связей, типа структуры, что приводит к повышению экономических показателей;

- для прямоугольных зданий с вытянутыми фасадами аутригеры могут затронуть средние колонны при действии ветровых нагрузок в более критическом направлении. В одиночных ядрах и трубчатых системах, эти колонны несут значительные нагрузки от собственного веса или не работают в полной мере. В некоторых случаях системы аутригера могут эффективно включить силы тяжести почти каждой колонны в боковую систему сопротивления нагрузкам, приведя к значительным сокращения затрат [7].

Наиболее существенным недостатком использования систем аутригеров является их потенциальное влияние на свободное пространство.

Это препятствие может быть минимизировано или, в некоторых случаях, устранено применением различных комбинаций [8]:

- устройство аутригеров на технических или промежуточных уровнях;
- расположение аутригеров в естественных наклонных линиях строительного профиля;
- включение многоуровневых диагональных аутригеров, для минимизации воздействия в каком-то одном уровне;
- наклон и смещение аутригеров, в соответствии с функциональной планировкой расположения помещений;

Еще одним потенциальным недостатком является влияние, которое может оказать установка на процесс монтажа. Объединение аутригера на промежуточных или верхних уровнях, если не подойти к этому должным образом, может оказать негативное влияние на процесс монтажа, поэтому в проектной документации предоставляют четкие и краткие рекомендации по монтажу.

Система аутригеров может привести к необходимости в следующих решениях:

- применение дорогих и трудоемких узлов и опорных соединений;
- значительное увеличение размеров основания исключительно для сопротивления опрокидывающим силам;
- применение отнимающих много времени и дорогостоящий розеток-гнезд для соединения элементов системы.

Аутригеры в зависимости от способа соединения наружных колонн и ядра жесткости можно разделить на 2 вида: опорные и «условные».

В опорных вариантах аутригерных систем балки или фермы на прямую соединены с колоннами и ядром. В этом случае колонны располагаются по контуру здания.

В «условных-виртуальных» видах аутригеров передача изгибающих моментов от ядра к подвеске происходит без прямого соединения ядра с бондажными ленточными поясами. Главное в решение такого типа заключается в использовании перекрытий, которые обладают высокой жесткостью в горизонтальной плоскости.

Ленточные бондажные пояса, связанные между периметральными колоннами здания, практически применяются трех видов: ферменные, сплошные и рамные. Исследования различных авторов показывают, что наиболее оптимальными являются ферменные пояса [9].

Ленточные фермы как боковые опоры аутригеров, дают возможность исключить ряд проблем при проектировании высотных зданий по сравнению с обычными аутригерными системами:

- отсутствие стержней-связки между ядром и внешними колоннами здания (от ядра жесткости к ленточным поясам);
- система ядро + железобетонные перекрытия + ферменный пояс надежно обеспечивают боковую жесткость высотного здания;
- не только выносные опорные колонны, а все контурные колонны сопротивляются опрокидывающим моментам;
- опрокидывающие моменты от горизонтальных нагрузок уменьшаются от действия обратных моментов, приложенных к ядру от аутригерных связей.

Устройство аутригеров снижает зависимость высотного здания от ядра жесткости и дает возможность увеличить пространство от ядра к наружным колоннам. Это дает разнообразие функционального его применения.

Использование ядер жесткости в сочетании с аутригерными системами позволяет повысить жесткость высотного здания, уменьшить толщину его ядра, а также площади армирования [10].



Литература

1. 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.
2. Алмазов В.О., Плотников А.И., Расторгуев В.С. Проблемы сопротивления зданий прогрессирующему разрушению // Вестник МГСУ. 2011. №2-1. С. 16-20.
3. Choi H. S., Ho G., Joseph L. Outrigger Design for High-Rise Buildings. UK: Routledge, 2017. pp. 8-10.
4. Bungale S. Taranath. Structural Analysis and Design of Tall Buildings: Steel and Composite Construction. Florida (USA): CRC Press, 2016. pp. 44-48.
5. Shumeyko V.I. The support systems of unique high-rise buildings // MATEC International science conference "Smart city". St. Petersburg: EDP Sciences, 2017. 106 p.
6. 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.
7. 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.
8. Травуш В.И., Конин Д.В. Работа высотных зданий с применением этажей жесткости (аутригеров) // Вестник ТГАСУ. 2009. №2. С. 77-91.
9. Чернуха Н.А., Горелик П.И., Лепешкина Д.О. Оптимальное положение и конструкция аутригерных систем в высотных зданиях // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №9 (36). С. 18-32.

10. Fu F. Design and Analysis of Tall and Complex Structures. United Kingdom: Butterworth-Heinemann, 2018. pp. 81-90.

References

1. Evtushenko A.I., Oleynikova E.V., Ageeva V.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4404.
2. Almazov V.O., Plotnikov A.I., Rastorguev V.S. Vestnik MGSU. 2011. №2-1. pp. 16-20.
3. Choi H. S., Ho G., Joseph L. Outrigger Design for High-Rise Buildings. UK: Routledge, 2017. pp. 8-10.
4. Bungale S. Taranath. Structural Analysis and Design of Tall Buildings: Steel and Composite Construction. Florida (USA): CRC Press, 2016. pp. 44-48.
5. Shumeyko V.I. MATEC International science conference "Smart city". St. Petersburg: EDP Sciences, 2017. 106 p.
6. Shumejko V. I., Kudinov O.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2164.
7. Karamysheva A.A., Shumeyko V.I. Engineering studies. Volume 9, No. 3, 2017. pp. 696-702.
8. Travush V.I., Konin D.V. Vestnik of TSUAB. 2009. №2. pp. 77-91.
9. Chernuha N.A., Gorelik P.I., Lepeshkina D.O. Construction of unique buildings and structures. 2015. №9 (36). pp. 18-32.
10. Fu F. Design and Analysis of Tall and Complex Structures. United Kingdom: Butterworth-Heinemann, 2018. pp. 81-90.