

Несущие системы со стволами жесткости. Перспективы применения при проектировании и строительстве высотных зданий и сооружений

А.А. Карамышева, А.А. Аракелян, Б.П. Бинятов

Донской государственный технический университет

Аннотация: В статье описывается актуальность проектирования высотных зданий. Характерной особенностью высотных зданий является преимущественное восприятие горизонтальных нагрузок в условиях воздействия ветрового потока. Поэтому стволы жесткости представляют собой наиболее характерную для высотного строительства внутреннюю вертикальную несущую конструкцию.

Ключевые слова: высотное здание, прочность, надежность, горизонтальная нагрузка, ядро жесткости, ствол жесткости, планировочная структура, колонна, каркас, диафрагма жесткости.

В условиях роста и развития городов, высотное строительство набирает объемы. Высотные здания относятся к объектам особого внимания. К этим зданиям и сооружениям предъявляются повышенные требования по прочности и надежности, пожарной безопасности [1].

Характерной особенностью высотных зданий является преимущественное восприятие горизонтальных нагрузок в условиях воздействия ветрового потока. Поэтому стволы жесткости представляют собой наиболее характерную для высотного строительства внутреннюю вертикальную несущую конструкцию [2]. Ее применяют при проектировании большинства высотных зданий различных конструктивных систем:

- ствольных, когда в несущий остов представлен только стволом жесткости,
- каркасно-ствольных – совместная работа ядра жесткости и элементов каркаса,
- ствольно-стеновых, ствол жесткости воспринимает нагрузки в совместной работе с системой несущих стен,
- оболочково-ствольных.

На сегодняшний день, системы со стволom жесткости в сочетании с внешним каркасом являются передовым решением, обеспечивающим прочность, жесткость и надежность зданий, позволяя возводить высотные объекты выше 500 м. Ядро жесткости, на фоне других конструктивных решений, способно обеспечивать прочность при ветровых и сейсмических нагрузках [3].

Многофункциональность высотных зданий подразумевает максимум планировочной гибкости. Поэтому целесообразно формировать ствол жесткости группируя системы инженерных коммуникаций, вертикального транспорта, санитарных узлов и других подсобных помещений. В этом случае ядро жесткости (одно или несколько) в виде призматического ствола проходит сквозь все здание по вертикали и воспринимает горизонтальные нагрузки. Ствольные системы обеспечивают свободу планировочных решений, поскольку пространство между стволом и наружными ограждающими конструкциями может быть свободно от опор.

Железобетон и сталь, являются основными материалами при проектировании ствола жесткости здания. Он выполняется из железобетона, из стали и их комбинаций. Применение стальных стволов ограничивается сравнительно невысокими зданиями из-за их недостаточной жесткости и невысокой огнестойкости [4].

Форма и количество ядер жесткости, а также размещение их в плане могут быть различными. Обычно, в результате размещения в стволе различных систем коммуникаций, шахт инженерного оборудования его разделяют стенами на несколько секций. Поэтому ядра редко бывают односекционными, что придает им дополнительную жесткость, так как эти стены преимущественно выполняют несущую функцию.

При наличии в здании нескольких стволов жесткости желательно их размещать симметрично в плане, чтобы распределить нагрузки равномерно и

исключить возникновение моментов кручения. Несимметричное расположение ядер ведет к возникновению в их стенах значительных напряжений от кручения, что крайне неблагоприятно, особенно при сейсмических воздействиях

Конструкция здания, а особенно высотного, - это сложная система, в которой взаимодействуют элементы. Вертикальные и горизонтальные конструкции могут находиться в различной зависимости друг от друга, а также по отношению к ядру жесткости. Они могут образовать различные пространственные системы с точки зрения их статической работы.

Ствольные системы (чистые), когда только ядро воспринимает горизонтальные нагрузки и обеспечивает пространственную жесткость здания, встречаются редко. Здесь можно выделить несколько типов:

- ядро с консольными конструкциями перекрытий;
- ядро с колоннами по контуру здания;
- ядро с консольной платформой на уровне нижних этажей, на которую опираются наружные колонны вышерасположенных этажей;
- ядро с перекрытиями, подвешенными к консольному поясу в уровне верхних этажей.

С точки зрения статической работы, чистые системы с ядрами являются наиболее четкими: здесь конструкции перекрытий с ядром и остальные вертикальные конструкции образуют гравитационную систему, а конструкция самого ядра - стабилизирующая система. Вследствие совместного действия вертикальных и горизонтальных нагрузок, возникают напряжения в опорах.

В основном, используется система, когда ядро, комбинируется с другими системами. Тогда горизонтальные нагрузки воспринимаются как конструкциями ядра, так и другими элементами, связанными с ним. При сочетании конструкций можно выделить следующие типы систем:

- ядро в сочетании с каркасом (каркасно-ствольная); е) ядро в сочетании с отдельными несущими стенами или диафрагмами жесткости (ствольная с диафрагмами жесткости);
- ядро в сочетании с наружной оболочкой (коробчато-ствольная).

При сочетании ствола жесткости с элементами каркаса может возникнуть множество решений, основная цель которых является включение вертикальных конструкций в систему, которая воспринимает горизонтальные нагрузки.

Если рассмотреть систему «ядро + колонны», то колонны можно включить в стабилизирующую систему несколькими способами:

- применение жестких горизонтальных диафрагм жесткости на одном или нескольких уровнях;
- соединение колонн с помощью балок в уровне каждого этажа;
- применение вертикальных диафрагм жесткости в плоскостях наружных стен [5].

Горизонтальные диафрагмы проектируют в одном, редко в двух уровнях в местах, где дополнительные конструкции могут прерваться, например, в уровне покрытия, где разрыв необходим для осуществления коммуникации между этажами. Если система с диафрагмой размещена в уровне верхнего этажа, то ее можно рассматривать объединенную систему (ядро соединяется с колоннами с помощью горизонтальной диафрагмы жесткости) [6]. Выбор месторасположения горизонтальной диафрагмы жесткости зависит технологии производства работ.

В случае установки вертикальных диафрагм в плоскости несущих стен оказывается воздействие на систему, аналогичное установке отдельных стен. Ядро и плоские вертикальные диафрагмы соединяются при помощи большого числа перекрытий. Они являются жесткими в горизонтальной плоскости, но не могут передавать касательные сдвиговые усилия на

вертикальные конструкции. Ядро и диафрагма жесткости при горизонтальных нагрузках совместно перемещаются как консоли, закрепленные в фундамент, при этом горизонтальная нагрузка передается между ними пропорционально их жесткости. Характерная черта работы диафрагмы жесткости заключается в том, что она воспринимает нагрузки, которые действуют в их плоскости; они не способны воспринять нагрузки, перпендикулярные их плоскости. В здании диафрагмы жесткости размещают для увеличения жесткости всей конструктивной системы при кручении [7].

При совместной работе внутреннего ядра с наружной оболочкой рамной или решетчатой конструкции, высокую жесткость и несущую способность при изгибе и при кручении внешней оболочки усиливает высокая несущая способность при сдвиге ядра, в результате этого возникает другая система с повышенной прочностью и максимальной жесткостью. Предположим, что ядро имеет стержневую конструкцию, тогда по сравнению с наружной оболочкой оно не так эффективно участвует в восприятии горизонтальных сил. Такого рода конструктивную систему целесообразно применять в высотных зданиях башенного типа [8].

Здания со стволом жесткости имеют сравнительно не большую площадь застройки, поэтому характеризуются с одной стороны пониженной чувствительностью к неравномерным осадкам фундаментов, и с другой - повышенной сопротивляемостью к сейсмическим нагрузкам [9].

В современном высотном строительстве применяют различные конструктивные системы и схемы с разнообразными вариантами компоновок. Выбор того или иного решения - это сложный процесс, который зависит от градостроительных факторов, природно-климатических условий, а также технологических, экономических и эксплуатационных возможностей применяемых конструкций [10].



Резюмируя выше изложенное, можно сделать вывод, высотные здания относятся к числу наиболее сложных объектов строительства и, в то же время, условия современного мира диктуют необходимость городам расти «вверх». Поэтому проектированию высотных зданий и сооружений, в данный момент, уделяется все больше и больше внимания. В этой статье рассматривается один из основных способов конструирования высотных зданий, но это лишь малая часть возможностей и решений, которые зависят от множества позиций начиная от пожеланий инвестора и заканчивая градообразующими факторами. В данный момент только разрабатывается нормативная база по основным рекомендациям для проектировщиков совместными усилиями международных общественных организаций, инженеров и архитекторов.

Литература

1. 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
2. Шуллер В. Конструкции высотных зданий: пер с англ. М.: Изд-во «Астрель», 2004. 246 с.
3. Евтушенко А.И., Е.В. Олейникова, В.А. Агеева, А.Л. Барамия, О.П. Хван, С.Л. Нор-Аревян Развитие высотного строительства в Ростове-на-Дону //Инженерный вестник Дона, 2017, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4404
4. 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



5. Шумейко В.И., Пименова Е.В., Григорян М.Н. Высотные, уникальные здания и сооружения: учебное пособие. – Ростов-н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014.-114 с.

6. Karamysheva A.A., Yazyev S.B., Avakov A.A. «Calculation of plane bending stability of beams with variable stiffness». International Conference on Industrial Engineering 2016. URL: communications.elsevier.com/

7. Шумейко В.И. Жесткие связевые структуры в высотных уникальных зданиях/ В.И. Шумейко // Научное обозрение. – 2014. – №11. – С. 491–493

8. Шумейко В.И. Жесткие рамные структуры высотных зданий / В.И. Шумейко // Научное обозрение. – 2014. - №11. – С. 494–496

9. Шумейко В.И. Особенности проектирования фундаментов высотных уникальных зданий // Материалы Международной научно-практической конференции «Строительство – 2014». Ростов н/Д.: Рост. гос. строит. ун-т, 2014. С. 50-53.

10. Энгель Х. Несущие системы / Хайно Энгель; предисл. Ральфа Рапсона; пер. с нем. Л.А. Андреевой. – М.: АСТ: Астрель, 2007. – 344 с.

References

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

2. Shuller V. Konstruktsii vysoznykh zdaniy. [Design of tall buildings]. Moscow, 2004, 246 p.

3. Evtushenko A.I., E.V. Oleynikova, V.A. Ageeva, A.L. Baramiya, O.P. Khvan, S.L. Nor-Arevyan. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4404

4. Karamysheva A.A., Shumeyko V.I. Engineering studies. Volume 9, No. 3, 2017. pp. 696-702

5. Shumeyko V.I., Pimenova E.V., Grigoryan M.N. Vysotnye, unikal'nye zdaniya i sooruzheniya: uchebnoe posobie. Rostov-n/D. 2014.-114 p.



6. Karamysheva A.A., Yazyev S.B., Avakov A.A. «Calculation of plane bending stability of beams with variable stiffness». International Conference on Industrial Engineering 2016. URL: communications.elsevier.com/
7. Shumeyko V.I. Nauchnoe obozrenie. 2014. №11. pp. 491–493
8. Shumeyko V.I. Nauchnoe obozrenie. 2014. №11. pp. 494–496
9. Shumeyko V.I. Osobennosti proektirovaniya fundamentov vysotnykh unikal'nykh zdaniy. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Stroitel'stvo – 2014». Rostov n/D.: Rost. gos. stroit. un-t, 2014. pp. 50-53.
10. Engel' Kh. Nesushchie sistemy [Bearing system] Moscow, 2007, 344 p.