

Здание со ступенчатым каркасом в высотном строительстве

*Терентьев В.А., Абдулла Аль-Вали Ибрахим Ахмед,
Мазен Ахмед Мохаммед Аль-Мадхаджи
Донской государственный технический университет*

Аннотация. Изучаются проблемы строительства зданий со сложным ступенчатым каркасом. Рассматриваются перспективы и экономическая эффективность строительства зданий подобного типа. Подробно описывается один из перспективных проектов такого типа. Выявляются достоинства и недостатки здания.

Ключевые слова: организация строительства; экономика строительства, высотное домостроение

Высочайшие здания в мире могут быть сооружены по различным технологиям, в том числе ступенчатым каркасом.

Эта технология дает возможность наиболее рациональным путем уменьшить площадь верхних этажей, обеспечить эффективное сопротивление ветровым нагрузкам и построить здание, удовлетворяющее эстетическим требованиям [1-3].

Формы здания, отличающиеся от призматического, выбраны в соответствии с требованиями к объемно-планировочному решению, в котором сочетаются два различных критерия. Один из них относится к помещениям, для работы в которых нужны по возможности большие площади, второй — к помещениям меньшего размера, сдаваемым в аренду. В окончательном виде была принята ступенчатая система, в которой площадь перекрытий с увеличением высоты постепенно совращается.

Система лифтов разделена на три зоны каждая высотой от 30 до 40 этажей, которые объединены вестибюлями. Скоростные лифты доставляют пассажиров в эти вестибюли, откуда каждый может подняться на нужный ему этаж, пользуясь вторым лифтом [4-6].

При расчете на ветровые нагрузки все сооружение рассматривалось как труба или вертикальная консоль, закрепленная на уровне грунта.

Применение этого принципа в данном объемно-планировочном решении и необходимость создать консольную трубу наиболее эффективной конструкции привели к образованию системы «объединенных труб».

Ригели и стойки работают совместно как решетчатая труба, воспринимающая ветровые нагрузки. Две смежные каркасные трубы образуют единую систему стоек и ригелей. Такая конструкция каркаса сохраняется по всей высоте здания, что обеспечивает максимальную жесткости каркаса при воздействии ветровых нагрузок все узлы соединения ригелей со стойками выполнены сварными [3,5,6].

На этажах, где предусмотрено уменьшение площади перекрытия и образование уступа, стойки одного из модулей обрываются, тогда как остальные стойки продолжают выше. На трех промежуточных технических этажах, предназначенных для размещения механического оборудования, предусмотрено устройство решетчатых связей в виде раскосов, проходящих между стойками. Эти усиленные раскосами этажи выполняют следующие функции: 1) перераспределяют большие нагрузки от собственного веса, действующие на несущие элементы в местах образования уступов; 2) выравнивают разность в укорочении стоек под действием собственного веса и ветровых нагрузок, особенно вблизи уступов; 3) повышают общую поперечную жесткость каркаса примерно на 15%. Размещение раскосов только в пределах технических этажей объясняется тем, что в конторских помещениях они привели бы к расчленению объемов между смежными модулями [7,8].

Показателем эффективности работы каркасной трубы как консоли является ее способность к перераспределению нагрузок. Обычные каркасные трубы квадратного или прямоугольного сечения, в которых несущие каркасы расположены только по периметру и не имеют жесткого соединения с центральными стойками, нуждаются в большом количестве элементов

жесткости и поэтому менее эффективны. Дополнительный вес несущих конструкций высотных зданий, необходимый для обеспечения сопротивления ветровым нагрузкам, удалось значительно уменьшить благодаря пространственной работе трубчатой системы. В этом случае ветровые нагрузки воспринимаются наружным каркасом и внутренними стойками, работающими совместно [9,10].

Установка и сбалансирование укрупненных элементов каркаса. Соединение стоек на болтах облегчалось благодаря наличию специальных пластин. Единственным видом сварочных работ, выполняемых в условиях стройплощадки, была сварка полок стоек жестко соединена со стойками высокопрочными фрикционными болтами, рассчитанными только на срез. С целью выравнивания вертикальных нагрузок на стойки направление укладки этих ферм меняется через каждые шесть этажей. При высоте 102 см фермы занимают все свободное пространство между потолком и настилом перекрытия, расположенным выше.

С учетом всех этих факторов для всех каркасов оптимальное расстояние между стойками было принято равным 4,6 м. Высота сечения стоек и ригелей обычно принимается равной соответственно 100 и 110 см. Эти элементы выполнялись составными из трех плит, образующих двутавровый профиль.

Изготовление и монтаж стальных конструкций основаны на применении модульных элементов заводского изготовления, состоящих из стойки высотой на два этажа и прикрепленных к ней по обе стороны ригелей длиной в половину пролета. Такие типовые модули соединяются при монтаже на фрикционных болтах, работающих только на срез и расположенных в середине пролета ригеля. Каждый модульный элемент высотой 8 м и шириной 4,5 м весит 15 т. Заводское изготовление стальных конструкций позволяет исключить 95% сварочных работ на стройплощадке и

снизить единичную стоимость смонтированных элементов. Каждый элемент изготовлялся в горизонтальном кондукторе при строгом соблюдении установленных допусков.

После монтажа каждых четырех этажей (или двух ярусов стальных элементов) производится подъем деррик-кранов на следующий уровень. Этот подъем осуществляется при помощи тихоходных электролебедок, установленных на кат-балках, которые закреплены на самом верху смонтированных стальных конструкций. Вся операция занимает от 20 до 30 мин. Скорость монтажа составляет около 8-11 этажей в месяц при общем календарном сроке монтажа 15 месяцев.

Проектирование с учетом ветровых нагрузок требует аналитической и экспериментальной проверки статических и динамических свойств сооружения. Аналитическая часть включает конструктивный расчет с использованием компьютерных технологий, оптимизацию полученных результатов и проектирование элементов каркаса. Экспериментальной частью предусматривалось проведение всесторонних испытаний в аэродинамической трубе, состоявших из следующих этапов:

- статистический анализ метеорологических данных о характере ветров в районе постройки с целью определения частоты повторяемости случаев, когда скорость ветра достигает максимальных значений и критических направлений для участка застройки, и проверка полученных данных на макете местности, выполненном в масштабе 1 :2000;
 - испытания в аэродинамической трубе жесткой модели в масштабе 1:400 для определения давления, действующего на навесные стеновые панели;
 - исследование динамических характеристик на аэроупругой модели, представляющей массу и жесткость прототипа, с оценкой возможности потери устойчивости.
-



После проведенных испытаний, объект может быть передан в разработку.

Литература

1. Побегайлов О.А., Мясищев Г.И. Проблемы коммуникации, терминологии и текста в образовательном процессе в высшей школе (на материале курса экономики, организации и управления в строительстве) // Научное обозрение. 2014. № 10-2. С. 598-601.
 2. Погорелов В.А., Карандина Е.В., Побегайлов О.А. Особенности технико-экономического обоснования организационно-технологического проектирования реконструкции // Инженерный вестник Дона, 2013. № 4. - URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/R_79_Pogorelov.pdf_2103.pdf
 3. Побегайлов О.А., Воронин А.А., Петренко Л.К. Строительный рынок и сдерживающие его процессы // Научное обозрение. 2014. № 8-3. С. 1102-1105
 4. Новикова В.Н., Николаева О.М. К вопросу о продолжительности функционирования строительной организации. Динамический аспект // Инженерный вестник Дона, 2015. № 3. - URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/ivd_57_Novikova.pdf_0def28790e.pdf
 5. Белоусов И.В., Шилов А.В., Меретуков З.А., Маилян Л.Д. Применение фибробетона в железобетонных конструкциях // Инженерный вестник Дона, 2017. № 4. - URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4421
 6. Новикова В.Н., Николаева О.М. Проблемы лицензирования и саморегулирования в строительстве // Инженерный вестник Дона, 2015. № 3. - URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_143_Novikova.pdf_07a186ad67.pdf
 7. Цапко К.А. Методические основы формирования стоимостно-ориентированного портфеля заказов проектной организации дорожно-строительного комплекса // Инженерный вестник Дона, 2012. № 2. - URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/2012_2_27.pdf_769.pdf
-



8. Шилов А.В. Инновационные методы армирования сборных конструкций из железобетона углеволоконными сетками // Инженерный вестник Дона, 2016. № 1. - URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3572
9. Kliuchnikova O.V., Pobegaylov O.A. Rationalization of strategic management principles as a tool to improve a construction company services // Procedia Engineering. VOL. "2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016" 2016. PP. 2168-2172.
10. Pobegaylov O.A., Myasishchev G.I., Gaybarian O.E. Organization and management efficiency assessment in the aspect of linguistic communication and professional text // Procedia Engineering. VOL. "2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016" 2016. PP. 2173-2177.

References

1. Pobegajlov O.A., Mjasishhev G.I. Nauchnoe obozrenie. 2014. № 10-2. PP. 598-601.
 2. Pogorelov V.A., Karandina E.V., Pobegajlov O.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2013. № 4. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/R_79_Pogorelov.pdf_2103.pdf
 3. Pobegajlov O.A., Voronin A.A., Petrenko L.K. Nauchnoe obozrenie. 2014. № 8-3. PP. 1102-1105
 4. Novikova V.N., Nikolaeva O.M. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2015. № 3. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/ivd_57_Novikova.pdf_0def28790e.pdf
 5. Belousov I.V., Shilov A.V., Meretukov Z.A., Mailjan L.D. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2017. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4421
 6. Novikova V.N., Nikolaeva O.M. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2015. № 3. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_143_Novikova.pdf_07a186ad67.pdf
 7. Тсарко К.А. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2012. № 2. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/2012_2_27.pdf_769.pdf
 8. Shilov A.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus). 2016. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3572
-



9. Kliuchnikova O.V., Pobegaylov O.A. Procedia Engineering. VOL. "2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016" 2016. PP. 2168-2172.
10. Pobegaylov O.A., Myasishchev G.I., Gaybarian O.E. Procedia Engineering. VOL. "2nd International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016" 2016. PP. 2173-2177