

Моделирование ветровой нагрузки на уникальные здания в программе SolidWorks

Г.Б. Вержбовский, Р.Р. Минвалеева, А.Д. Марченко³

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: В статье рассмотрено моделирование переменного по высоте ветрового воздействия на уникальное здание в программе Solidworks. Выполнено загрузение трехмерной модели высотного здания с консольными этажами и с помощью продувки модели в виртуальной аэродинамической трубе установлен закон распределения статического давления на объект сложной формы. При этом сам процесс моделирования оказался проще и удобнее, чем в часто используемом для этого комплексе ANSYS.

Ключевые слова: уникальное здание, ветровая нагрузка, аэродинамическая труба, каркас здания, метод конечных элементов, давление, консольный этаж.

Строительство высотных зданий на сегодняшний день является не только способом существенно сэкономить земельные ресурсы в условиях плотной застройки, но и неотъемлемым атрибутом любого развивающегося города. Здания большой этажности возводят из соображений их архитектурно-градостроительной значимости, престижности региона. Своей уникальностью они создают неповторимые очертания городской застройки, качественно меняя и совершенствуя инфраструктуру [1, 2].

Однако, проектирование подобных объектов связано с необходимостью решения целого ряда сложных задач, одной из которых является корректное определение природно-климатических нагрузок на здания [3]. Уникальность формы, сложные пересечения объемных блоков и другие факторы создают проблемы при установлении закона распределения и величины ветрового давления на конструкцию. Нормативные документы предлагают в подобных случаях продувать модель здания в аэродинамической трубе.

Развитие цифровых технологий дает возможность на стадии предпроектной подготовки использовать виртуальные аэродинамические трубы, причем предпочтение в последнее время отдается программному комплексу ANSYS и расчету методом конечных элементов [4, 5]. Вместе с тем, существуют

более простые «инженерные» комплексы, такие, например, как SolidWorks [6]. В настоящей работе описаны результаты определения ветровой нагрузки на уникальное здание, проект которого разрабатывался в рамках выпускной квалификационной работы специалистов в Донском государственном техническом университете.

Многофункциональное энергонезависимое здание представляет собой конусообразную башню высотой 204м с восходящими по спирали консольными этажами, предполагаемую строительством в городе Новороссийск. Каждый отдельный блок имеет круглую форму в плане и касается оси башни. Размеры блоков по мере удаления от поверхности земли уменьшаются, каждый следующий блок повернут относительно предыдущего на угол 90° по ходу часовой стрелки.

Первый блок диаметром 80м имеет отдельный фундамент. Состоит из 4х надземных этажей с размещаемыми на них торговыми залами и двухуровневой подземной части, включающей в себя автостоянку с рампой, технические и служебные помещения.

Второй, третий и четвертый блоки – консольные, с пролетами 45, 28 и 20м. Вылеты консолей составляют соответственно 26,9м, 10,7м, 3,4м. Этажность каждого снизу-вверх: 3 этажа общей высотой 16,5м, 2 этажа – 11,5м, 2 этажа – 6,8м. Функциональное назначение 2-го и 3-го блоков – офисные помещения и переговорные залы. В четвертом блоке располагаются жилые квартиры.

Верх башни заканчивается кольцевой надстройкой с медиафасадом, в которой предусмотрено размещение ветрогенератора с вертикальной осью вращения (геликоидный ротор). Общий вид проектируемого здания представлен на рис. 1.



Рис. 1. – Проектируемое здание

Объемная твердотельная модель здания создавалась в программе SolidWorks. Следует заметить, что указанная программа разрабатывалась прежде всего для использования в машиностроении, однако в последнее время все чаще и чаще стала применяться при моделировании сложных строительных объектов или расчета отдельных узлов конструкций. Общий вид модели показан на рис. 2. Создание объекта в указанном комплексе выполняется просто, достаточно лишь сформировать несколько отдельных объемных блоков здания и соединить их определенным образом. Доказательством сказанного служит приведенное на рис. 2 дерево проекта, в котором имеются всего шесть отдельных частей.

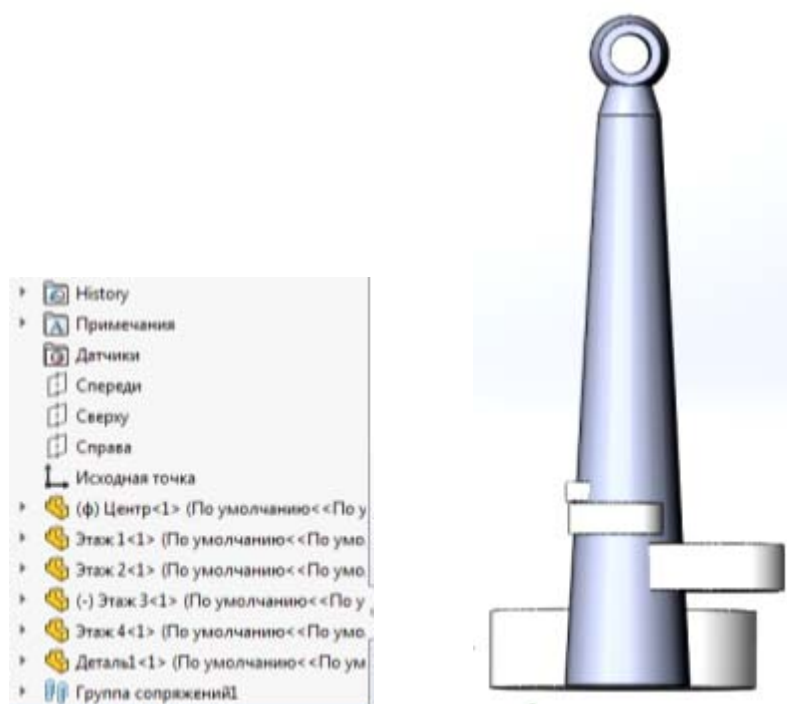


Рис. 2. – Общий вид твердотельной модели здания

Ветровое воздействие на модель создавалось в программе Flow Simulation, являющейся составной частью комплекса SolidWorks. Описание процесса формирования нагрузки здесь не приводится, поскольку многочисленные примеры несложно отыскать в Интернете. Отметим лишь тот факт, что воздействие на объект задавалось с учетом его изменения по высоте здания [7] а также, согласно СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия». На рис. 3 показаны картины давления для одного направления ветра. На нем в частности видно появление вихрей в подветренной части здания – явления, на которое указывают современные отечественные нормативные документы (например, МГСН 4.19-2005 «Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве») и многие исследователи [8 - 10].

Как видно из рисунка результаты могут быть получены как для всего объекта в целом, так и для отдельных сечений, что представляется удобным при определении закона распределения нагрузки на конкретную часть

здания. Продувка объекта в виртуальной аэродинамической трубе позволила обоснованно задать ветровую нагрузку на здание в процессе выполнения конструктивных расчетов.

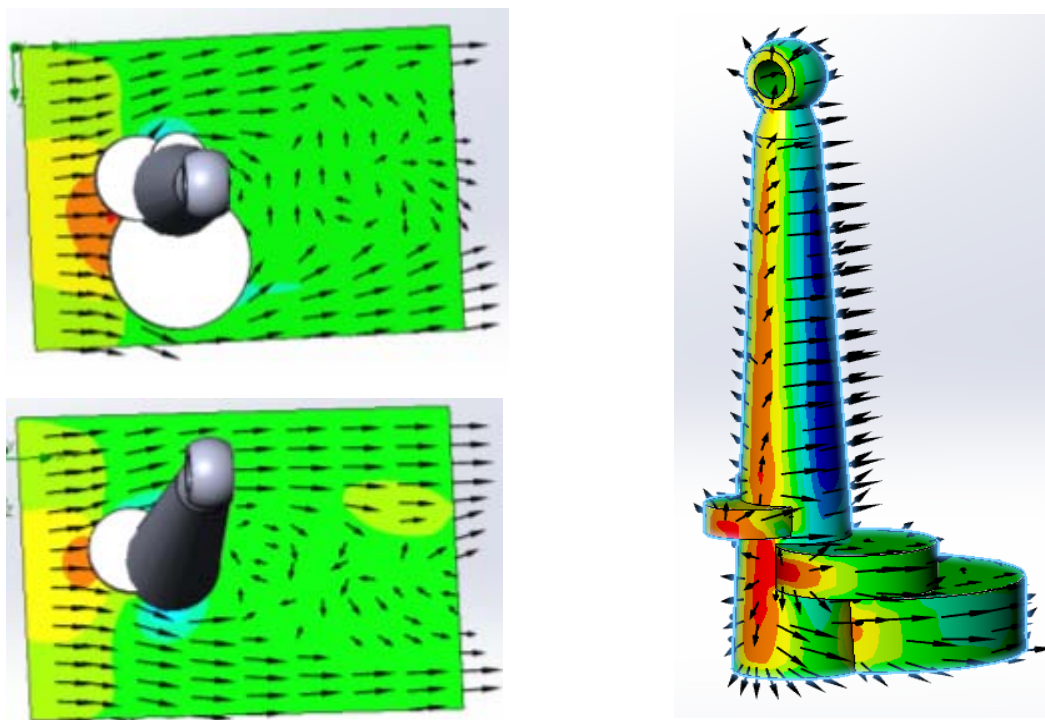


Рис. 3. – Распределение ветрового давления на здание

Программный комплекс SolidWorks дает возможность продувать проектируемые здания в виртуальной аэродинамической трубе. Формирование модели и задание нагрузки на нее осуществляется проще, чем в ANSYS, поэтому указанный инструмент может с успехом применяться в расчетах строительных конструкций уникальных зданий и сооружений.

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/magazine/archive/n4y2013/2164.



2. Еремеев П.Г. Особенности проектирования уникальных большепролетных зданий и сооружений // Строительная механика и расчет сооружений, 2005. № 1.

3. Зильберова И.Ю., Высоковская Л.В. Особенности проектирования в России // Инженерный вестник Дона, 2012, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1081.

4. Кравченко Г.М., Труфанова Е.В., Полетаев М.В. Уточнение методики определения ветровой нагрузки для объектов параметрической архитектуры // Инженерный вестник Дона, 2019, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2019/5799.

5. Bathe K.-J. Finite Element Procedures. K.-J. Bathe // New Jersey: Prentice Hall, 1996. pp. 10-12.

6. Алямовский А.А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation. - М.: ДМК-Пресс, 2010. - 464 с.

7. Савицкий В.А. Ветровая нагрузка на сооружения. - М.: СИ, 1972. - 110 с.

8. Гордеев В.Н., Лантух-Лященко А.И., Пашинский В.А., Перельмутер А.В., Пичугин С.Ф. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. - 482 с.

9. MacDonald P. A. Wind loads on circular storage bins, silos and tanks: I. Point pressure measurements on isolated structures // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 1988. Vol. 31. pp. 165-187.

10. Eastman Chuck. BIM Handbook: A Guide to Building Information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. - New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011. - 626 p.



References

1. Shumeiko V.I., Kudinov O.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2164.
2. Eremeev P.G. Stroitel'naya mehanika i raschet sooruzhenii, 2005. № 1.
3. Zilberova I.Yu., Vysokovskaya L.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1081.
4. Kravchenko G.M., Trufanova E.V., Poletaev M.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2019, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2019/5799.
5. Bathe K.-J. Finite Element Procedures. New Jersey: Prentice Hall, 1996. pp. 10-12.
6. Alyamovskiy A.A. Inzhenernye raschety v SolidWorks Simulation [Engineering calculations in SolidWorks Simulation]. Moscow: DMK-Press, 2010. 464p.
7. Savitskiy V.F. Vetrovaya nagruzka na sooruzhenia [Wind load on buildings]. Moscow: Stroyizdat, 1972. 110p.
8. Gordeev V.N., Lantuh-Lyashenko A.I., Pashinskiy V.A., Perelmuter A.V., Pichugin S.F. Nagruzki i vozdeistvia na zdania i sooruzhenia [Loads and impacts on buildings and structures]. Moscow: AECEI Publishing, 2007. 482p.
9. MacDonald P. A. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 1988. Vol. 31. pp. 165-187.
10. Eastman Chuck. BIM Handbook: A Guide to Building Information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011. 626 p.