

УДК 264.042.41

Куприянов В.Н. – доктор технических наук, профессор

E-mail: kuprivan@kgasu.ru

Альтапов С.Р. – студент

E-mail: earlaltapov@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Моделирование ветровых воздействий изменением формы здания

Аннотация

Воздействие ветра на городскую застройку проявляется усилением проветривания или образованием «ветровой тени», т.е. застойных явлений, возникновением ветрового дискомфорта в пешеходных зонах за счет повышенных скоростей и образованием воздушных вихрей. Традиционное воздействие ветра проявляется как ветровая нагрузка на здания.

С использованием компьютерных программ анализируется изменение ветрового давления на здания различных форм. Показаны траектории ветровых потоков и изменение скоростей ветра при обтекании зданий различных форм.

Ключевые слова: скорость ветра, ветровое давление, траектории ветровых потоков, форма здания, компьютерные программы.

Анализ и учет ветровых потоков в городской застройке является весьма сложной и, в настоящее время, малоизученной проблемой. В городской среде возникают проблемы аэрации застройки, т.е. продуваемости территории застройки для исключения застойных явлений или защите ее от ветра [1]; возникают зоны с ветровым дискомфортом в пешеходных зонах за счет высоких скоростей или образованием воздушных вихрей [2]. Городская застройка приводит к уплотнению воздушных потоков и повышению скоростей ветра в пешеходных зонах, а при сезонном изменении преобладающих направлений ветра ветровой дискомфорт может возникнуть в других участках застройки. Следовательно, проект городской застройки должен учитывать не только величину скорости ветра, но также сезонные изменения преобладающих направлений ветра. Возникают проблемы расчета располагаемого напора для обеспечения естественного воздухообмена в помещениях зданий [3, 4].

Здания размещают в городской среде в соответствии с градостроительной ситуацией, как правило, без учета годового хода преобладающих направлений ветра. Направление преобладающих ветров изменяется в течение года, в связи с чем, ветровая нагрузка на здания будет иметь различный вектор. Так, например, в Казани в зимний период преобладают южные (28 %) и юго-восточные (20 %) ветры, в то время как в летний период преобладают северо-западные (18 %) и северные (16 %) ветры. В связи с этим фасады зданий, обращенные к этим направлениям, будут подвержены различной ветровой нагрузке, а несущая система здания будет подвержена многократной нагрузке с диаметрально противоположным вектором.

Классические задачи по определению ветровых нагрузок на здания также нельзя считать окончательно решенными [5, 6]. При расчете ветровых нагрузок возникают сложности с определением аэродинамических коэффициентов для зданий сложных форм, для которых эти коэффициенты не предусмотрены в СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия».

В рамках одной статьи невозможно осветить все перечисленные проблемы ветровых воздействий на городскую застройку и отдельные здания. В связи с чем в настоящей работе рассмотрено изменение ветрового давления на здание при изменении его формы.

В последние годы увеличивается проектирование и строительство высотных зданий и возникает множество проблем при их проектировании. Одной из таких проблем является оценка ветровых нагрузок на здания сложных форм. В этом случае одни участки фасада могут быть расположены под прямым углом к направлению ветра, другие – под различными углами. То есть одни участки будут испытывать максимальное ветровое давление, другие – лишь часть от максимального, третьи могут оказаться в зоне разряжения и испытывать отрицательное давление (т.е. разряжение).

При оценке ветровых воздействий на здания используют различные методы. Это расчет ветровых нагрузок по СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия». Экспериментальные методы путем «продувания» модели здания в аэродинамических трубах или численные методы моделирования ветровых воздействий с использованием различных пакетов прикладных программ [7].

В расчетных методах по СП возникают трудности с оценкой аэродинамических коэффициентов зданий сложных форм. Испытание модели зданий в аэродинамических трубах технический сложно, затратно и продолжительно по времени. В связи с этим все большее использование находят численные методы анализа ветровых воздействий [8].

Для этих целей используют различные компьютерные программы CFD моделирования: ANSYS CFX, Autodesk Flow Design и др., основанные на численном решении систем уравнений, отражающих общие законы аэрогидродинамики.

Анализ ветровых нагрузок проведен на двух 30-ти этажных зданиях высотой 98,7 метров. Первое здание (1) имеет традиционную форму в виде параллелепипеда, у второго (2) плоскости фасада имеют сложную форму, отдельные участки которого встречают ветровой поток под разными углами.

На рис. 1 приведены модели испытываемых зданий, геометрия которых создана в программном комплексе «SketchUp 2015».

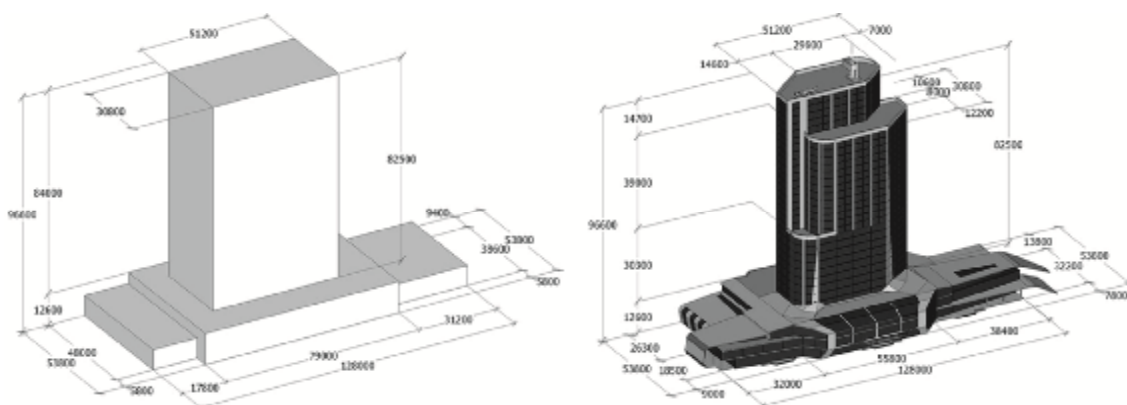


Рис. 1. Геометрия моделей зданий

Генерация конечно-элементных моделей воздушного объема зданий выполнена в программном комплексе «Autodesk Flow Design 2015». Этот комплекс выполняет генерацию конечно-элементной модели автоматический и в приемлемые сроки. Комплекс позволяет получить полную информацию о ветровых воздействиях на здание: ветровое давление (или разрежение) на различных участках фасада (Па); скорость ветровых потоков (м/с) и их траектории при обтекании здания.

Использованный метод позволяет без больших затрат изменять геометрию здания или его отдельных частей и корректировать ветровые воздействия.

Традиционный анализ ветровых воздействий на здание выполняется в 2-х мерной задаче, «в плане» и «в разрезе». Для исследуемых зданий эти результаты представлены на рис. 2-3.

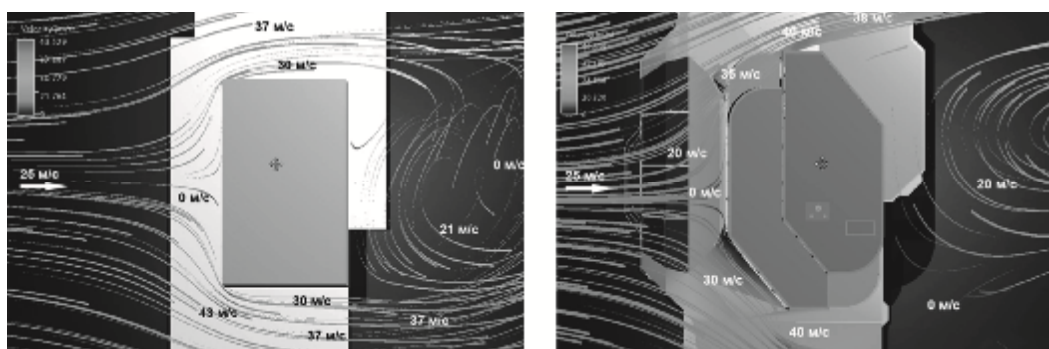


Рис. 2. Траектория воздушных потоков при обтекании зданий «в плане»

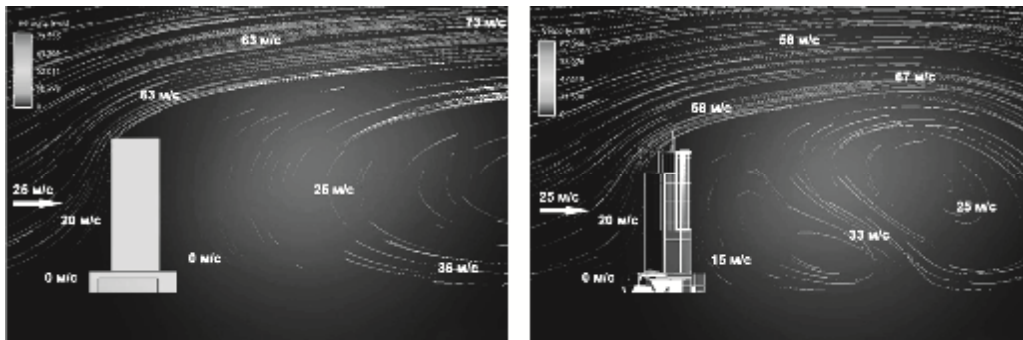


Рис. 3. Траектория воздушных потоков при обтекании зданий «в разрезе»

Можно видеть различие траекторий воздушных потоков, их скоростей и зон турбулентностей за зданием. Скорость воздушных потоков при обтекании зданий возрастает в 1,5-2 раз. Отличается различие в зонах турбулентности за зданиями «в плане» и «в разрезе». У здания 1 отмечается одно завихрение вдали от здания «в разрезе» и сложное завихрение непосредственно у здания. У здания 2 – одно завихрение «в плане» и два завихрения «в разрезе».

Такие различия в обтекании зданий «в плане» и «в разрезе» можно объяснить особенностями расчетного комплекса. Можно предположить, что расчетный комплекс при решении плоской задачи вычленяет только горизонтальные или только вертикальные потоки воздуха. Совместный учет вертикальной и горизонтальной составляющей ветрового потока при плоских задачах не происходит. С этой точки зрения расчетный комплекс «Autodesk Flow Design 2015» при решении плоских задач не дает объективной оценки.

Наиболее объективную оценку программный комплекс дает при решении 3-х мерной задачи, рис. 4-5.

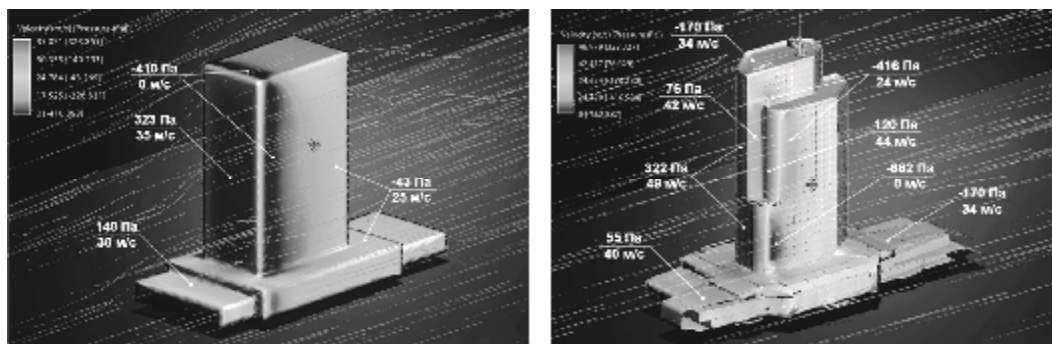


Рис. 4. Распределение давления, траектории и скорости воздушных потоков при обтекании зданий с торцевого фасада

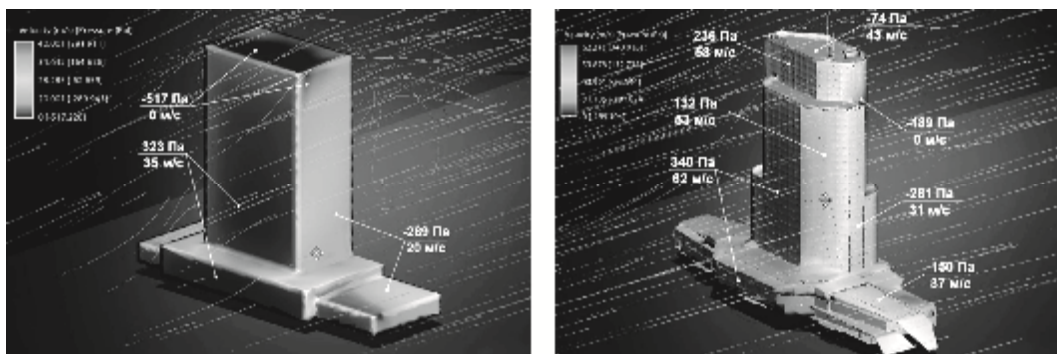


Рис. 5. Распределение давления, траектории и скорости воздушных потоков при обтекании зданий с главного фасада

Можно видеть, что у здания 1 зона турбулентности за зданием в 3-х мерном решении не проявляется так явно, как в 2-х мерной задаче, а у здания 2 зона турбулентности не проявляется совсем. Участки фасада, расположенные нормально к линии ветрового потока, имеют одинаковые или близкие значения ветрового давления, хотя и занимают различные по площади участки (322, 323, 340 Па). Скорости ветра в этих участках выше, чем при 2-х мерных задачах. Решение 3-х мерной задачи позволяет получить величину давления (или разрежения) практически в любой точке фасада.

Таким образом, изменяя форму здания и его отдельных участков на геометрических моделях можно регулировать или снижать ветровое давление на здания.

Список библиографических ссылок

1. Серебровский Ф.Л. Аэрация жилой застройки. – М.: Стройиздат, 1971. – 112 с.
2. Симиу Э., Сканлан Р. Воздействие ветра на здания и сооружения / Перевод с английского Б.Е. Маслова, А.В. Швецово. – М.: Стройиздат, 1984. – 360 с.
3. Реттер Э.И., Стриженов С.И. Аэродинамика зданий. – М.: Стройиздат, 1968. – 240 с.
4. Реттер Э.И. Архитектурно-строительная аэродинамика. – М.: Стройиздат, 1984. – 240 с.
5. Гордеев В.Н., Лантух-Лященко А.И., Пашинский В.А., Пичугин С.Ф. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения. – М.: Издательство АСВ, 2009. – 528 с.
6. Савицкий Г.А. Ветровая нагрузка на сооружения. – М.: Стройиздат, 1972. – 110 с.
7. Дубинский С.И. Численное моделирование ветровых воздействий на высотные здания и комплексы. – М.: МГСУ, 2010. – 198 с.
8. Пузырев П.И., Оленьков В.Д. Моделирование ветровой нагрузки на уникальные здания на примере церкви Покрова Пресвятой Богородицы. – Челябинск: ЮУрГУ, 2014. – 87 с.

Kupriyanov V.N. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: kupriyanov@kgasu.ru

Altapov S.R. – student

E-mail: earlaltapov@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Modeling of wind actions by changing of a form of the building

Resume

Analysis and accounting of wind effects on the urban environment and detached, especially high-rise buildings is difficult, but at the same time poorly studied problem.

The article defines the problem which should be solved in the design of the urban environment and high-rise buildings.

Particular attention is paid to the regulation value of wind pressure on the high-rise building by changing the shape of buildings, consequently, the angle between the wind direction and the plane of different sections of the facade.

Using software analysis shows wind pressure to different portions of the facade and the change of wind pressure on buildings of different shapes. Showing trajectory of wind currents and changing wind speeds in the flow of buildings of different shapes. Conclusions on the results obtained.

Keywords: wind speed, wind pressure, trajectories of wind streams, building form, computer programs.

Reference list

1. Serebrovsky F.L. Aeration residential developments. – M.: Stroyizdat, 1971. – 112 p.
2. Simiu E., Scanlan R. Wind effects on structures. – M.: Stroyizdat, 1984. – 360 p.
3. Retter E.I., Strizhenov S.I. Aerodynamics of buildings. – M.: Stroyizdat, 1968. – 240 p.
4. Retter E.I. Architecture and building aerodynamics. – M.: Stroyizdat, 1984. – 240 p.
5. Gordeev V.N., Lantuh-Lyachenko A.I., Pashinsky V.A., Pichugin S.F. Loads and effects on buildings and structures. – M.: ASV, 2009. – 528 p.
6. Savitsky G.A. Wind loads on structures. – M.: Stroyizdat, 1972. – 110 p.
7. Dubinsky S.I. Simulation of wind actions on high-rise buildings. – M.: MSUCE, 2010. – 198 p.
8. Puzyrev P.I., Olenkov V.D. Modeling of wind load of unique buildings on the example of Church of the Intercession of the Holy Virgin. – Chelyabinsk: SUSU, 2014. – 87 p.