

Анализ некоторых результатов по определению аэродинамических характеристик высотных зданий

С.н.с. А.С. Гузеев, д.т.н., профессор А.И. Короткин, инженер А.О. Лебедев, к.т.н., с.н.с. Ю.А. Роговой, ЦНИИ им. акад.А.Н. Крылова*

В последние годы в Санкт-Петербурге началось активное высотное строительство. В 2006 г. вышел ТСН 31 – 332 – 2006 «Территориальные строительные нормы. Жилые и общественные высотные здания» для г. Санкт-Петербурга. Тем не менее, в связи с недавней историей высотного строительства в России и Санкт-Петербурге, многие характеристики по-прежнему не учитываются при проектировании и строительстве таких зданий. К таким характеристикам относится и аэродинамическая нагрузка на высотные здания.

В Европе каждое проектируемое высотное здание моделируется и продувается в аэродинамической трубе. В России это только рекомендация, и далеко не все заказчики осуществляют такие испытания. В то же время, проведенные нами исследования показывают, что при высотном строительстве наблюдаются совершенно нестандартные аэродинамические явления, связанные с турбулентными потоками. Поскольку турбулентность пока что описывается незамкнутой системой уравнений, численные методы не могут в полной мере описать и предсказать подобные явления.

За последние два года в аэродинамической трубе ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова (рис. 1) было исследовано около двух десятков макетов различных высотных зданий, проектируемых и строящихся в различных районах города.

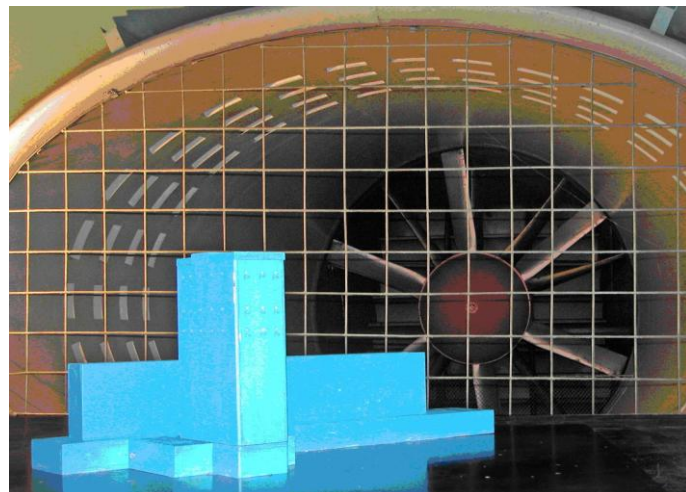


Рисунок 1. Макет здания в аэродинамической трубе

В настоящей публикации на базе полученных экспериментальных материалов отмечаются некоторые существенные, на наш взгляд, положения, которые следует учитывать при проектировании новых высотных сооружений.

1. Следует, по возможности, избегать сооружения однотипных высотных зданий в непосредственной близости друг от друга. При сильных ветрах и неблагоприятных направлениях воздушного потока, когда вихревые структуры, формирующиеся в следе одного здания, попадают на другое, расположенное ниже по потоку (рис. 2, 3), могут возникнуть [1÷3] значительные аэродинамические нагрузки, приводящие к разрушению конструкций, расположенных с подветренной стороны. Пример нарушения целостности градирен под действием ветра приведен на рис. 4, взятом из монографии [3].

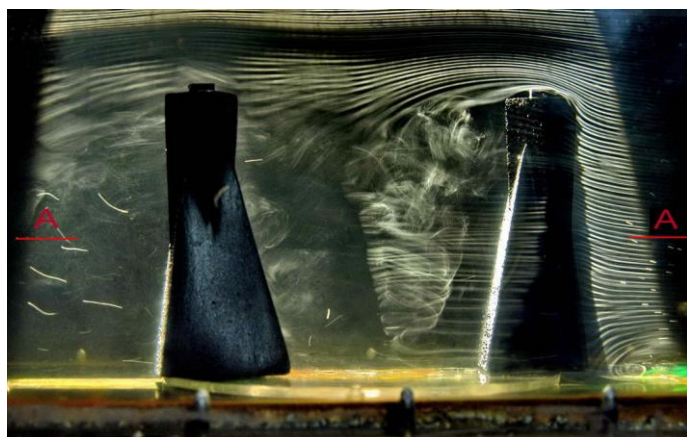


Рисунок 2. Обтекание двух однотипных зданий. Вид сбоку. Виден вертикальный вихрь за первым зданием.

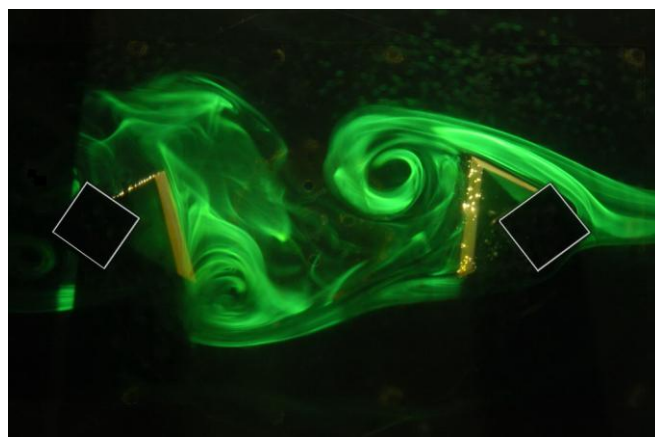


Рисунок 3. Обтекание двух однотипных зданий. Вид сверху. Среднее сечение А-А. Видны два вертикальных вихря за первым зданием, создающие переменную нагрузку на второе здание.

На рис. 5 представлена фотография комплекса зданий в Московском районе г. С-Петербурга. Видно, что при всех направлениях ветра аэродинамическое взаимодействие указанных сооружений будет проявляться в полном объеме.



Рисунок 4. Обрушение градирен на ТЭС Феррибридж

Рисунок 5. Комплекс зданий на ул. Типанова (г. Санкт-Петербург)

2. Для оценки усилий, действующих на поверхность здания (стены, крыши, окна), необходимо знание распределенных ветровых нагрузок. Сила F , действующая на конструктивный поверхностный элемент площадью S (m^2), определяется по формуле:

$$F = w \cdot S \cdot C_p,$$

где w – скоростной напор воздушного потока, который согласно ТСН равен $182 \text{ кгс}/m^2$;

C_p – коэффициент аэродинамического давления, определенный экспериментально в результате опытов с макетом здания в аэродинамической трубе.

На зданиях прямоугольной формы в плане величина C_p не превосходит, как правило, значения 2,5. Если же контуры здания закруглены, его поперечное сечение имеет участки с круговыми или эллиптическими обводами, то величина C_p может достигать при определенных углах набегающего воздушного потока значений $5,5 \div 6,0$. Величины C_p имеют также важное значение при выборе на поверхности здания мест расположения заборных и вытяжных отверстий системы вентиляции здания.

3. При некоторых вариантах компоновки комплексов зданий, содержащих высотные строения, в пешеходных зонах, прилегающих к домам, могут возникать недопустимо высокие скорости ветра, на уровне пешеходов ($1,5 \div 2 \text{ м}$ над землей). На рис. 6 представлена компоновка комплекса зданий, при которой в арочных проходах, предназначенных для передвижения людей и транспорта (на рисунке обозначены стрелками), скорость воздушного потока составляла величину $28 \text{ м}/с$ в случае, когда скорость ветра равнялась $15 \text{ м}/с$.

Очевидно, что для безопасного передвижения пешеходов в зоне арок необходимо разработать специальные конструктивные мероприятия, снижающие скорости воздушного потока вблизи проходов.

4. Особое внимание при проектировании системы вентиляции следует уделять местам расположения заборных и вытяжных отверстий на поверхности здания. Нельзя допускать расположения указанных отверстий в пределах одной отрывной зоны на крыше здания или на его боковой поверхности.

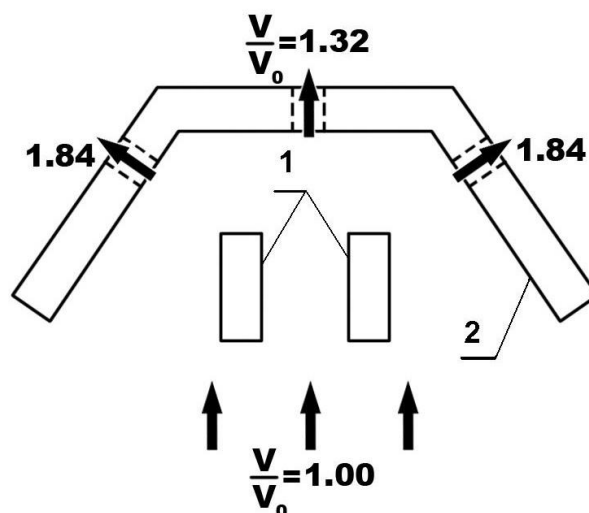


Рисунок 6. Схематичный план комплекса зданий с арочными проходами.

1 – высотные 35 этажные дома;

2 – дома высотой 20÷25 этажей.

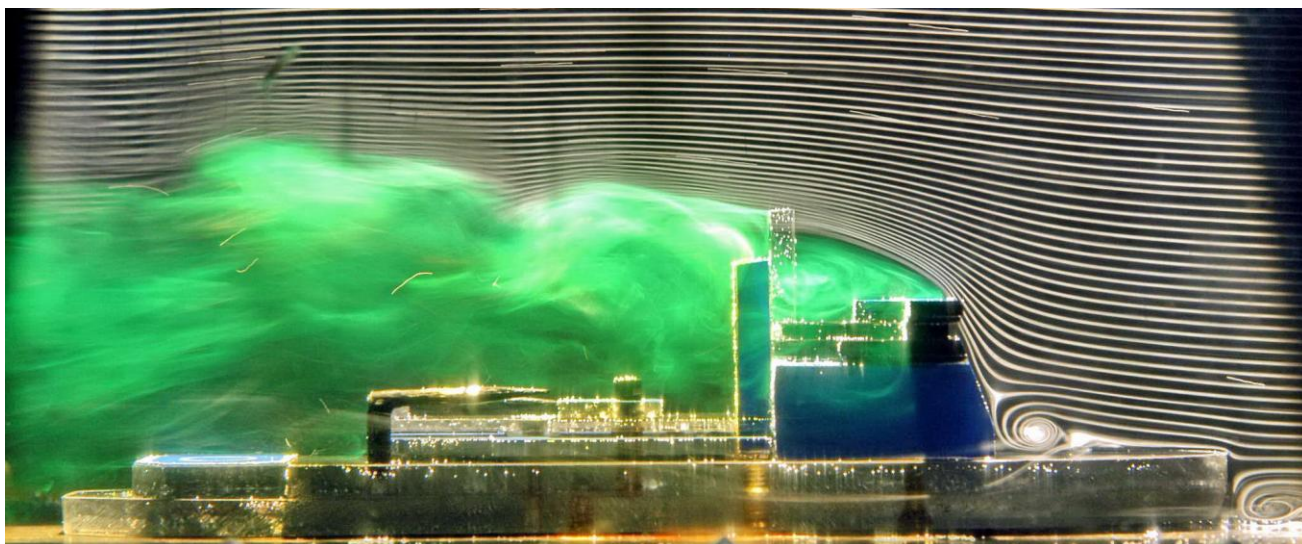


Рисунок 7. Задымляемость модели судна при встречном ветре

На рис. 7 показан пример распространения дыма вверх по потоку на судне, когда выход отработанных газов происходит в отрывную зону, возникающую при обтекании ходовой рубки. Дым распространяется вперед. Вся ходовая рубка загазована. Если, например, отверстия выброса и забора воздуха системы вентиляции находятся на крыше здания в отрывной зоне, представленной на рис. 8, то отработанный воздух снова будет поступать в систему вентиляции.

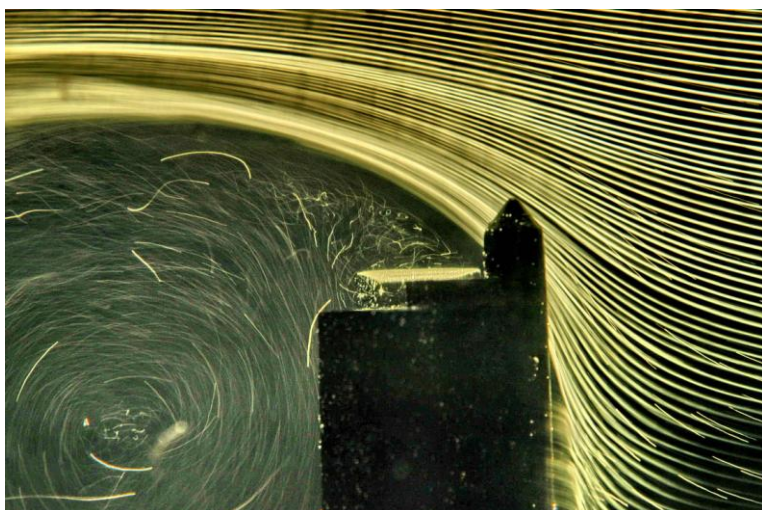


Рисунок 8. Пример обтекания крыши макета высотного здания

Таковы основные моменты, которые необходимо учитывать при проектировании высотных объектов. Существуют и другие «узкие места». Например, аэродинамическое воздействие на окна у нас вообще не рассчитывают, а на верхних этажах высотных зданий ветровая нагрузка такова, что при сильном ветре могут просто вылететь стекла.

Литература

1. Симиу Э., Сканлан Р. Воздействие ветра на здания и сооружения. М., 1984.
2. Реттер Э.И. Архитектурно-строительная аэродинамика. М., 1984.
3. Гордеев В.Н., Лантух-Лященко А.И., Пашинский В.А., Перельмутер А.В., Пичугин С.В. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения. М., 2007.

**Александр Ильич Короткин,*

Центральный научно-исследовательский институт имени академика А.Н. Крылова

Тел. раб. (812) 723-68-74