

Поддаева О. И., канд. техн. наук, доц.,
Буслаева Ю. С., студент,
Грибач Д. С., студент

Московский государственный строительный университет

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК НА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫСОТНЫЙ ЖИЛОЙ КОМПЛЕКС*

js-995@mail.ru

Первым высотным зданием принято считать здание Страховой компании в Чикаго, построенное в 1885 г., имевшее высоту 42 м. Развитие строительных технологий и материалов позволило увеличить высоту зданий в десятки раз. При проектировании современных высотных комплексов, имеющих сложную геометрическую форму, необходимо учитывать многие факторы: влажностный режим, шумовые и радиационные нагрузки, и т.д. Для высотных зданий одним из главных неблагоприятных факторов является ветер и его воздействие на конструкции.

Рассматривается задача ветровой аэродинамики. В ходе исследования проведен эксперимент в малой аэродинамической трубе, по результатам которого определены зависимости коэффициентов давления C_p от угла атаки. На основе полученных данных установлены существенные микроклиматические процессы, разработаны предложения по архитектурно-строительным решениям для защиты от нежелательного климатического воздействия.

Ключевые слова: аэродинамика, строительная аэродинамика, экспериментальная аэродинамика, высотные здания, ветровые воздействия, распределение давления, скоростной напор, аэродинамические коэффициенты, методы экспериментальной аэродинамики, уникальные здания и сооружения.

Введение

Во второй половине XIX века появились небоскребы, строительство которых стало возможным благодаря впечатляющим достижениям инженерной мысли. Они строятся в различных уголках мира, достигая самых фантастических высот и невероятных архитектурных решений [1]. По сложности, проблематичности проектирования, возведения, эксплуатации, влияния на окружающую среду и людей высоты можно отнести к строениям повышенной опасности. Здания выше 75 м требуют совершенно иных подходов к проектированию. Не зря в этой специфической отрасли работает небольшое количество компаний: немногим более десятка – в США и около десяти – в Европе и Азии (в основном в Японии) [2]. Одним из негативных факторов, требующих повышенного внимания на этапе проектирования таких зданий, является ветер. Возведение высотных зданий существенно изменяет условия циркуляции приземного слоя атмосферного воздуха [3,4,5]. Согласно СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» ветровая нагрузка возрастает с увеличением высоты от уровня земли. Связано это с ростом среднего значения скорости ветрового потока по мере увеличения высоты над уровнем подстилающей поверхности.

Вместе с тем, действующие российские и зарубежные строительные нормы и правила не содержат рекомендаций по назначению аэродинамических коэффициентов, необходимых для определения расчетных ветровых нагрузок на

несущие конструкции для сложных по форме высотных зданий и предписывают в таких случаях руководствоваться результатами испытаний макетов зданий в специализированных аэродинамических трубах.

Постановка задачи и исходные данные

Целью работы является изучение действия ветровых нагрузок на высотный жилой комплекс экспериментальным методом (в аэродинамической трубе).

Для исследования выбран многофункциональный высотный жилой комплекс, который является самым высоким зданием в ЮЗАО г. Москвы: максимальная высота строения от крыши до земли составляет 164 метра. Исследуемый комплекс состоит из четырех секции переменной этажности: две секции по 34 этажа, и две секции по 40 и 48 этажей (рис 1).

Проектируемый комплекс является уникальным сооружением с достаточно сложными объемно-планировочными и конструктивными решениями, не имеющими прямых аналогов. В отечественных и зарубежных нормативных документах и справочниках [3] не приводятся данные о распределении ветровых нагрузок по ограждающим конструкциям сооружений подобной формы.

Проектируемый комплекс расположен на Теплостанской ледниковой возвышенности. Абсолютные отметки поверхности земли в пределах участка строительства составляют 195 - 195,5 метров.



Рис. 1.

Исследуемый высотный жилой комплекс

Для оценки ветровых нагрузок необходимо определить характер изменения средних скоростей ветра по высоте, структуру атмосферной турбулентности, зависимость средних скоростей и турбулентности от шероховатости подстилающей поверхности местности. В Москве, как и в других больших городах мира, естественно-погодные условия в значительной степени подвержены воздействиям самого города. Внутри города наблюдаются микроклиматические различия, обусловленные территориальной застройкой, размещением промышленных установок, характером подстилающей поверхности, рельефом, так, в окраинных районах повторяемость сильного ветра практически вдвое больше, чем в центре – эффект плотности застройки города и радиально-кольцевого расположения улиц. Последний фактор порождает особую систему ветров внутри Москвы – "городские бризы" с окраин в центр города.

Ветры в Москве возможны всех направлений, но в теплое время преобладают северо-западные, а в холодное – юго-западные. В среднем в год бывает до 16 суток с ветром силой 15 м/с.

Методика экспериментального моделирования задачи ветровой аэродинамики

Экспериментальное моделирование задачи изучения ветровой аэродинамики высотного комплекса проходило в два этапа: макетирование и, непосредственно, проведение самого эксперимента.

На первом этапе на основе упрощенных чертежей проекта создана модель многофункционального высотного жилого комплекса в масштабе 1:1000, при этом масштаб выбран таким образом, чтобы учесть соотношение между размерами модели и величиной рабочей зоны трубы [6]. В качестве материала для макета испытываемой модели выбран пенокартон толщиной 3 мм (рис.2).



Рис. 2. Макет из пенокартона.

Для измерения скорости потока и давления в характерных точках макета используется система дренажей. Для проведения эксперимента на поверхности модели было установлено 44 воздухоотводящие трубки, подключенные к

дифференциальным датчикам давления Honeywell DUXL05D (рис.3).

Эксперимент проводился в малой аэродинамической трубе открытого типа с замыкающим контуром. Стабильная скорость потока в

трубе – от 2 м/с до 65 м/с. Размеры рабочей зоны трубы – 60*30*30 мм. На модель, установленную в рабочую камеру аэродинамической трубы (рис.4), подавались ветровые потоки со скоростью 15 м/с при 24 различных углах атаки ветра с шагом 15°: 0°, 15°, 30°, ..., 180°; -165°, ..., -30°, -15°.

Рис.3. Крепление воздухоотводящих трубок к модели. Дифференциальные датчики давления Honeywell DUXL05D

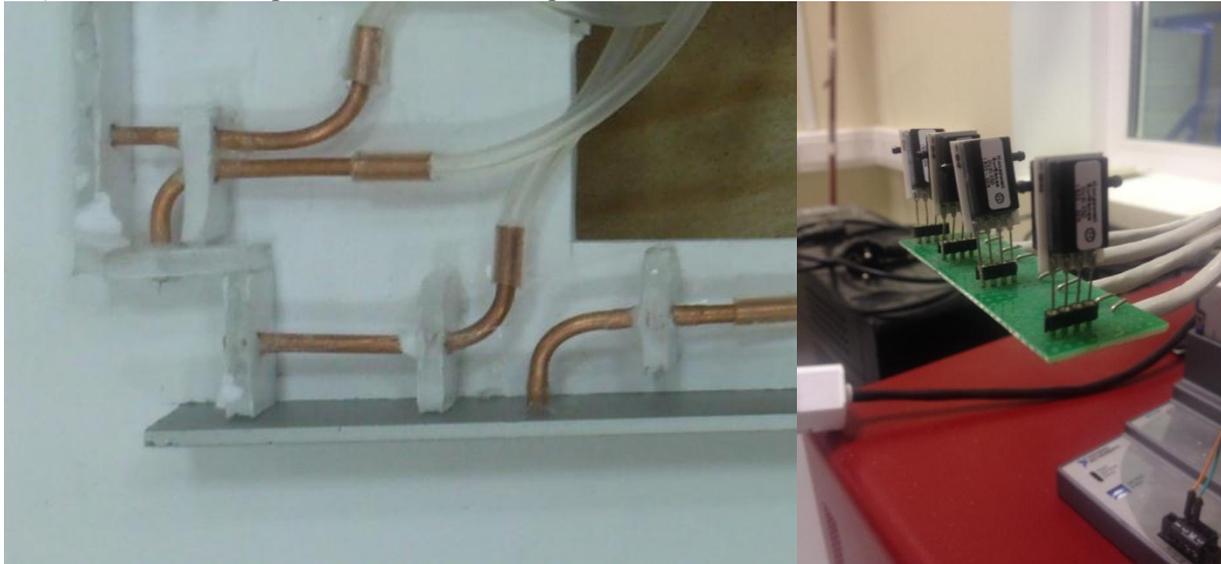


Рис.3. Крепление воздухоотводящих трубок к модели. Дифференциальные датчики давления Honeywell DUXL05D

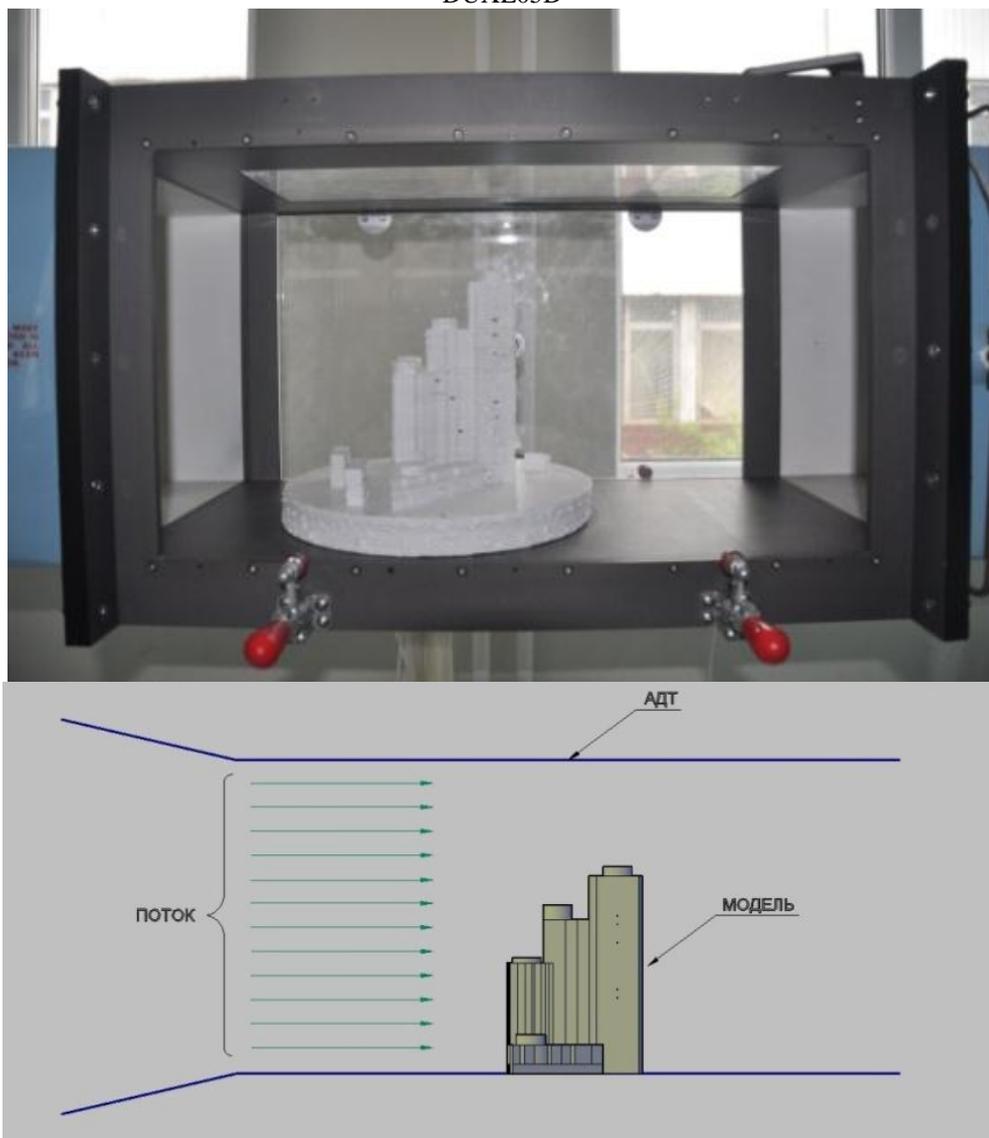


Рис.4. Макет исследуемого здания в аэродинамической трубе

В результате проделанного эксперимента была получена картина распределения давления по поверхности исследуемого объекта. По полученным данным были вычислены значения аэродинамических коэффициентов давления для различных углов атаки ветра (рис.5) по формуле [7]:

$$C_p = \frac{2p}{\rho v^2}, \quad (1)$$

где C_p – аэродинамический коэффициент давления; p – давление (получено экспериментальным методом); ρ – плотность воздуха (при температуре +20° $\rho=1,2041 \text{ кг/м}^3$); v – скорость воздушного потока (15 м/с)

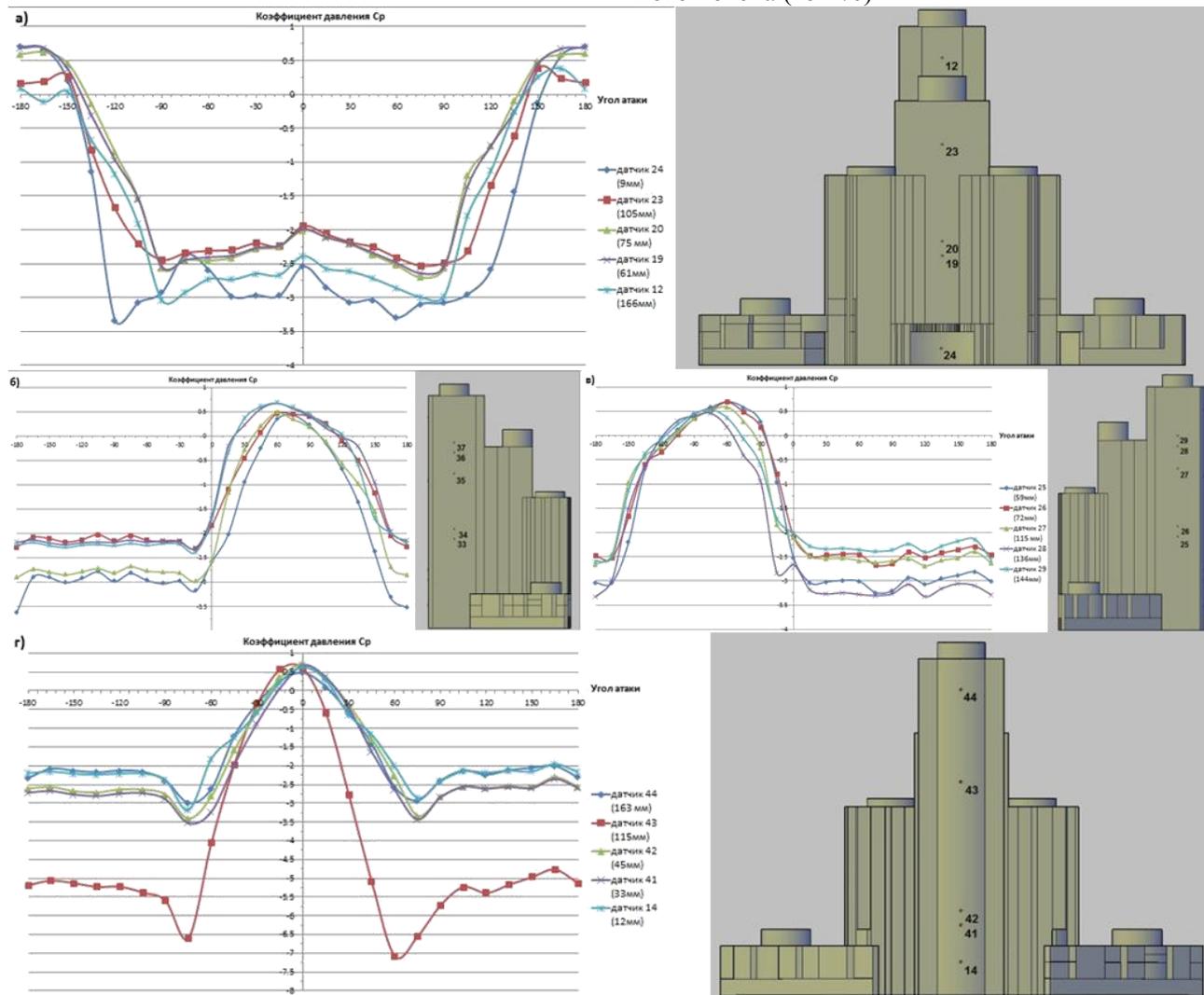


Рис.5. Графики зависимостей коэффициента давления C_p от угла атаки
а) главный фасад; б) боковой фасад (слева); в) боковой фасад (справа); г) задний фасад

Выводы и рекомендации

В ходе эксперимента удалось установить наиболее существенные микроклиматические процессы:

1. Формирование зон усиления скорости ветра при определенных направлениях потоков воздушных масс на границе застройки;
2. Образование зон устойчивого снижения скорости ветра;
3. Повышенное давление от порывов ветра вдоль всей высотной поверхности.

Для устранения нежелательных аэродинамических эффектов можно предложить следующие рекомендации:

- Не рекомендуется организовывать долговременное пребывание людей в местах усиления ветра;
- Озеленение прилегающей территории для защиты нижних уровней здания от ветровых потоков;
- Остекление балконов и лоджий 39-и этажной части комплекса для борьбы с усилением ветра по всей высоте комплекса;
- Установка на крыше ветрозащитных конструкций с пространственной решеткой, служащей диффузором для гашения порыва ветра;
- Проведение исследований на макетах более крупного масштаба для детальной оценки

зон повышенного давления воздуха на фасады зданий.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках выполнения государственного задания ФГБОУ ВПО «МГСУ» №2014/107, проект "Фундаментальные исследования ветровых воздействий (в том числе экстремальных) на уникальные здания и сооружения, а также мостовые конструкции".*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Генералов В.П. Особенности проектирования высотных зданий: учеб. пособие / В.П. Генералов; Самарск. гос. арх.-строит. ун-т. - Самара, 2009. - 296 с.
2. Кравцов В. Высотные здания. Особенности проектирования, строительства и мониторинг фундаментов // Архитектура и строительство №1 (212) 2010 г. ВЛАДИМИР КРАВЦОВ
3. Поддаева О.И., Дуничкин И.В., Андреева С.А. Оценка микроклимата высотных зданий на примере комплекса «CITYLIFE» MILAN / Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Ефективні організаційно-технологічні рішення та енергозберігаючі технології в будівництві. -Харків.-2014.-С. 64-66
4. Shepvalova O., Strebkov D., Dunichkin I. Energetically independent buildings of the resort-improving and educational-recreational complex in ecological settlement GENOM // «World Renewable Energy Forum, WREF 2012, Including World Renewable Energy Congress XII and Colorado Renewable Energy Society (CRES) Annual Conference». – Colorado, 2012. – С. 3767-3772.
5. Churin P., Poddaeva O. Aerodynamic Testing of Bridge Structures // Applied Mechanics and Materials. 2014, V. 467, pp.404-409.
6. Егорычев О.О., Гувернюк С.В., Исаев С.А., Поддаева О.И., Корнев Н.В., Усачов А.Е. Численное и физическое моделирование ветрового воздействия на группу высотных зданий // Вестник МГСУ, № 3, т.1, 2011 г., с.185-191
7. Э.И. Реттер, С.И. Стриженов. Аэродинамика зданий. Издательство литературы по строительству. М., 1968.
8. Дуничкин И.В., Жуков Д.А., Золотарев А.А. Влияние аэродинамических параметров высотной застройки на микроклимат и аэрацию городской среды // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 9. С. 39-41.
9. Егорычев О.О., Дуничкин И.В. Вопросы прогнозирования микроклимата городской среды для оценки ветроэнергетического потенциала застройки // Вестник МГСУ. 2013. № 6. С. 123-131.