



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS

2011, ТОМ 17, НОМЕР 4, 225–235

УДК 533.6:69

(11)-0249-1

ВІТРОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ НА БАГАТОПОВЕРХОВУ БУДІВЛЮ

Є. В. Горохов, С. Г. Кузнецов, В. М. Василев, Е. О. Лозинський, А. О. Дроздов

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
вул. Державіна, 2, м. Макіївка, Донецька область, Україна, 86123.
E-mail: bicheps@bk.ru*

Отримана 8 липня 2011; прийнята 25 листопада 2011.

Анотація. У цій роботі проведено аналіз діючих у різних країнах нормативних документів та методик щодо визначення вітрових навантажень на багатоповерхову будівлю, розташовану у забудові. Виявлена найбільш оптимальна методика. Особливу увагу приділено методам визначення аеродинамічних коефіцієнтів на поверхні багатоповерхової будівлі та уточненню їх доли в абсолютному значенні вітрового тиску. Наведено порівняння існуючих аеродинамічних труб замкнутого та прямокутного типу. Представлено проект аеродинамічної труби, здійснений в Донбаській національній академії будівництва і архітектури, для визначення оцінки особливостей атмосферного вітру, що використовується для вирішення різних технічних завдань і випробування висотних споруд.

Ключові слова: висотна споруда, будівельна аеродинаміка, аеродинамічна труба, вітрові дії.

ВЕТРОВАЯ НАГРУЗКА НА ВЫСОТНОЕ ЗДАНИЕ

Е. В. Горохов, С. Г. Кузнецов, В. Н. Васылев, Э. А. Лозинский, А. А. Дроздов

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
ул. Державина, 2, г. Макеевка, Донецкая область, Украина, 86123.
E-mail: bicheps@bk.ru*

Получена 8 июля 2011; принята 25 ноября 2011.

Аннотация. В данной работе проведен анализ действующих в различных странах нормативных документов и методик по определению ветровых нагрузок на высотное здание, расположенное в застройке. Выявлена наиболее оптимальная методика. Особое внимание уделено методам определения аэродинамических коэффициентов на поверхностях высотного здания и уточнению их доли в абсолютном значении ветрового давления. Приведено сравнение существующих аэродинамических труб замкнутого и прямокутного типа. Представлен проект аэродинамической трубы, осуществленный в Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, для определения оценки особенностей атмосферного давления ветра, которая используется для решения различных технических задач и испытания высотных сооружений.

Ключевые слова: высотное сооружение, строительная аэродинамика, аэродинамическая труба, ветровые воздействия.

WIND LOAD ON A HIGH-RISE BUILDING

Yevgen Gorokhov, Sergey Kuznetsov, Volodymyr Vasylev, Eduard Lozinsky,
Andrey Drozdov

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makiivka, Donetsk Region, Ukraine, 86123.

E-mail: bicheps@bk.ru

Received 8 July 2011; accepted 25 November 2011.

Abstract. In the given work the analysis, operating in the various countries, standard documents and techniques of definition of wind loadings on a high-rise building located in site development is carried out. The optimal technique is revealed. The special attention is given to the methods of definition of aerodynamic factors on surfaces of a high-rise building and to specification of their share in absolute value of wind pressure. Comparison of existing wind tunnels of the closed and direct-flow type is resulted. The wind tunnel project carried out in the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, for definition of an estimation of features of an air pressure of a wind which are used for the decision of various technical problems and trial of high-rise constructions is presented.

Keywords: high-rise building, building aerodynamics, wind tunnel, wind effects.

Введение

Расчет нагрузок и воздействий при проектировании зданий и сооружений влияет на определение размеров конструктивных элементов, выбор и расход материалов, их стоимость и т. п. Для зданий, имеющих большую высоту (высотные здания), ветровая нагрузка является одной из основных.

Значение ветрового давления зависит от многих факторов, таких как климатические условия, рельеф местности, месторасположение, находящиеся вблизи здания и сооружения, форма здания и т. д. Многими учеными были проведены исследования для изучения этих факторов. Так, Р. И. Кинаш и А. М. Бурнаев [1], В. А. Пашинский [2] обновили и дополнили климатическую информацию Украины, разработав справочники по скорости, направлению и повторяемости ветра. Е. В. Горохов, М. И. Казакевич, С. Н. Шаповалов и Я. В. Назим [3] провели анализ вероятности сочетания высокой скорости ветра и обледенения, а также предложили методику расчета конструкций в таких условиях. А. В. Перельмутер и М. А. Микитаренко [4] провели ряд исследований по конструированию и усилению высотных сооружений при действии на них ветра. М. Ф. Барнштейн [5], Ф. Л. Серебровский и Н. И. Зайцева [6], М. Дженсен и Н. Франк [7] на основе

экспериментов в аэродинамических трубах установили величины аэродинамических коэффициентов на поверхностях высотного здания, при этом варьировались геометрические размеры, форма и месторасположение высотного здания (рис. 1).

Целью данной работы является изучение применяемых в различных странах методик определения ветровой нагрузки на высотное здание в условиях застройки, а главное, выявление абсолютного значения доли аэродинамического коэффициента в общей ветровой нагрузке на высотное здание.

1. Методики определения ветровой нагрузки

Были проанализированы действующие нормативные документы США, Канады, Китая, Японии, Австралии и других стран. Краткое описание применяемых в этих странах методик приводится ниже.

1.1. Методика, действующая в США

При определении ветровой нагрузки по нормам США [8] учитываются: скорость ветра, определяемая по карте районирования территории, рельеф местности (месторасположение здания относительно склона), тип местности (центр города, пригород, открытые территории, прибрежная

зона), назначение строящегося здания (коэффициент важности), динамическая составляющая. Следует отметить, что нормы США приводят две формулы для определения ветровой нагрузки на высотное здание: для «гибких» зданий (1) и для зданий высотой более 18 м (2).

$$P = qG_f c_p - q_i (Gc_{pi}), \quad (1)$$

$$P = q(Gc_p) - q_i (Gc_{pi}), \quad (2)$$

где G_f – коэффициент пульсации; c_p – аэродинамический коэффициент на кровле здания; q , q_p , q_h – коэффициент, учитывающий изменение давления ветра по высоте; (Gc_p) – коэффициент наружного давления ветра на стену; (Gc_{pi}) – коэффициент внутреннего давления.

При расчете коэффициент (Gc_p) определяется по специальному графику в зависимости от геометрических размеров здания и к тому же изменяется по высоте. Коэффициент воздействия (Gc_{pi}) принимается по соответствующей таблице. Коэффициент c_p определяется только при расчете нагрузки на крышу по специальной таблице в зависимости от угла наклона кровли.

1.2. Методика, действующая в Канаде

В отличие от методики, действующей в США, в ней приводится только одна расчетная формула [9]:

$$P = qc_e c_g c_p, \quad (3)$$

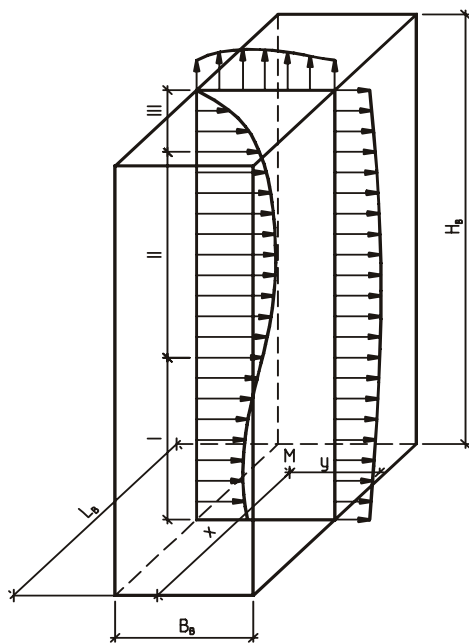
где q – нормативное значение ветрового давления; c_e – коэффициент, учитывающий изменение давления ветра по высоте (для определения приводятся таблица и график); c_g – коэффициент пульсации; c_p – аэродинамический коэффициент, который зависит от формы здания и принимается постоянным по высоте, находится по таблицам дополнения к документу.

1.3. Методика, действующая в Китае

Данная методика [10] учитывает нормативное значение ветрового давления, принимаемое по соответствующим картам районирования, тип местности (открытые пространства, сельские и пригородные территории, застроенные городские районы), постоянство нагрузки, т. е. динамическую составляющую и предлагает весовой расчет по формуле:

$$\omega = \beta_z \mu_s \mu_z \omega_0, \quad (4)$$

а)



б)

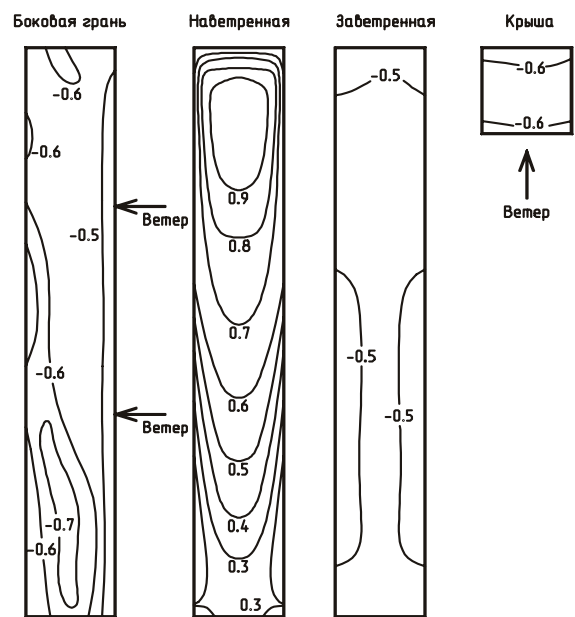


Рисунок 1. Схемы распределения аэродинамических коэффициентов: а) аэродинамические коэффициенты при расположении высотного здания в застройке; б) распределение аэродинамических коэффициентов на поверхностях высотного здания.

где β_z – фактор постоянства нагрузки; μ_z – коэффициент, учитывающий изменение давления ветра по высоте; ω_0 – нормативное значение ветрового давления, μ_s – коэффициент формы здания (аэродинамический коэффициент), принимается постоянным по высоте здания, а для крыш обуславливается углом наклона. Для определения этого коэффициента составлены специальные таблицы.

1.4. Методика, действующая в Украине

В Украине действует ДБН В.1.2-2:2006 «Нагрузки и воздействия» [11], принятый в СССР. В расчет включены, в частности, нормативное значение ветрового давления, определяемое по картам районирования территории, тип местности (открытые пространства, территории равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м, городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м), и расчет ведется по самой простой формуле:

$$W_m = \gamma_{fm} W_0 C, \quad (5)$$

где γ_{fm} – коэффициент надежности по предельному значению ветровой нагрузки, W_0 – характеристическое значение ветрового давления.

$$C = C_{aer} C_h C_{alt} C_{rel} C_{dir} C_d, \quad (6)$$

где C_{aer} – аэродинамический коэффициент, C_h – коэффициент высоты сооружения, C_{alt} – коэффициент географической высоты, C_{rel} – коэффициент рельефа, C_{dir} – коэффициент направления, C_d – коэффициент динамичности.

Анализ методик США, Канады, Китая, Украины, показывает, что наиболее полными являются нормы, действующие в США, т. к. в них представлена наиболее подробная градация типов местности, учитываются рельеф, дина-

мическая составляющая скорости и непостоянство аэродинамического коэффициента по высоте. Общие параметры изученных методик приведены в таблице.

Для выявления доли аэродинамического коэффициента в абсолютном значении ветровой нагрузки проведены расчеты по вышеприведенным методикам.

2. Расчет ветровой нагрузки на высотное здание в застройке

Для высотного здания, расположенного в г. Донецке, по каждой методике (Украина, США, Канада, Китай) были определены ветровые нагрузки. Климатические данные взяты по [11], рельеф местности спокойный, средняя высота окружающей застройки 30 м, геометрические размеры здания 20×20×100 (Н)м. Результаты расчетов приведены на рис. 2.

Расчет показал, что нормы Украины дают наибольшие значения ветровых нагрузок. В сравнении с ними по нормам США нагрузка оказалась в 2,4 раза меньше, по нормам Китая – в 1,2 раза, Канады – в 1,3 раза.

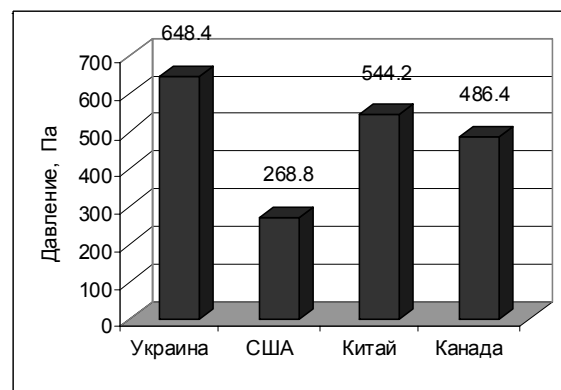


Рисунок 2. Ветровая нагрузка на высотное здание.

Таблица. Общие параметры методик

Страна	Рельеф	Кол-во типов местности
ДБН В.1.2-2 2006 Нагрузки и воздействия (Украина)	оговариваются	4
NRC-CNRC (Канада)	учитывается	1
GBJ 9-87 (Китай)	не учитывается	3
ASCE 7-98 (США)	учитывается	4

Во всех методиках, по которым были проведены расчеты, все составляющие были одинаковыми, кроме коэффициентов высоты и аэродинамических коэффициентов. Значения этих коэффициентов для рассмотренного случая приведены на рис. 3. Коэффициент высоты (рис. 3а), по сравнению с нормами США, изменяется незначительно в пределах 9,4 %, а аэродинамический коэффициент (рис. 3б) изменяется в пределах 100 %. Отсюда видно, что доля аэродинамического коэффициента в определении ветровой нагрузки значительна. Очевидно, что только за счет завышенного значения аэродинамического коэффициента получается большая величина ветровых нагрузок в украинских нормах.

3. Аэродинамические исследования

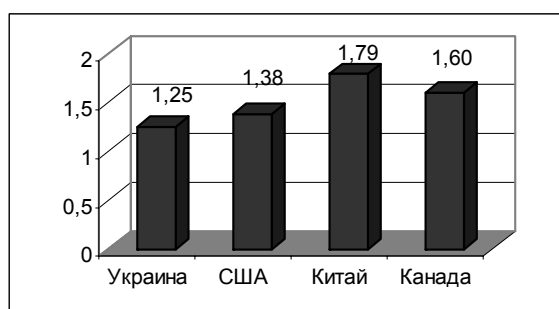
В 1889 г. Эйфелем впервые была применена аэродинамическая труба для изучения ветрового влияния на башню для всемирной выставки в Париже. В настоящее время лабораториями строительной аэродинамики разных стран эксплуатируется большое количество установок. Эти установки были заимствованы из авиационных лабораторий, поэтому до сих пор эксплуатируется значительное количество двух основных типов аэродинамических труб прямой и замкнутой конфигураций. Так как строительная индустрия не имеет достаточного количества финансовых средств как авиационная, то, как правило, тип и конфигурация трубы диктуется размерами зданий или помещений, в которых она будет размещена. Отличительной особенностью строительных труб является относительно большая длина рабочей

части, которая необходима для моделирования приземного (до 300 м в натуральной величине) пограничного слоя атмосферы. Для этого длина рабочей части должна быть не менее шести высот рабочего сечения.

Несомненно, для аэродинамической трубы благоприятно большое поперечное сечение рабочей части. В этих условиях можно использовать небольшие масштабы, тем самым максимально приближаясь к натурным размерам зданий или сооружений. Труба большого сечения и очень большой длины рабочей части должна иметь мощный энергетический агрегат с ветроколесом. Поэтому при выборе схемы аэродинамической трубы стоит дилемма между пригодностью для решения поставленных задач и экономичностью.

Прямоточные (разомкнутые) аэродинамические трубы, как свидетельствует их название, захватывают воздух из окружающего пространства с одной стороны и выбрасывают его с другой. Основные преимущества таких труб в том, что они значительно экономичнее относительно занимаемой площади, но потребление энергии может быть большим, т. к. воздух нуждается в ускорении каждый раз, когда он проходит через рабочую часть. Этот недостаток может быть решен за счет размещения открытой трубы в закрытом относительно небольшом помещении, но тут возникает проблема аэродинамики самого помещения. Прямоточные трубы могут быть либо трубами на всасывание (с вентилятором за рабочей частью) или с вентилятором перед рабочей частью (на нагнетание). Аэродинамическая труба, работающая на нагнетание, создает проблему по выравниванию и стабилизации потока, т. к. в этом случае рабочая часть

а)



б)

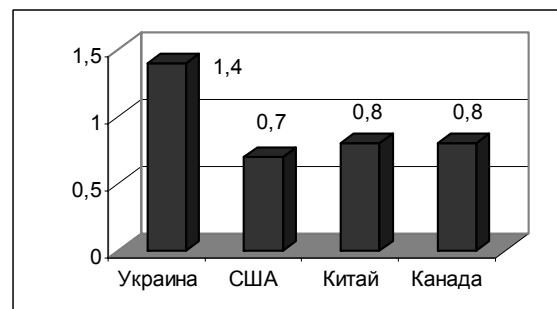


Рисунок 3. Значения коэффициентов: а) коэффициенты высоты; б) аэродинамические коэффициенты.

располагается за лопастями вентилятора. Замкнутые возвратные трубы, напротив, имеют возможность возврата потока. Такие трубы занимают значительно больше места, но экономичны в работе.

При проектировании зданий и сооружений в расчетах конструкций учитывается ветер с высокой скоростью потока, который подвержен незначительному влиянию термальной стратификации. Поэтому при моделировании ветровых нагрузок на высотные конструкции принимается изотермальный приземный пограничный слой атмосферы. Аэродинамические трубы, разработанные для создания этого типа потока, классифицируются как аэродинамические трубы с пограничным слоем. Обычно такие трубы шириной 2–5 м, длина рабочей части (15–30 м) и используют воздух при нормальном атмосферном давлении, максимальные рабочие скорости обычно в диапазоне 10–50 м/с. В отличие от них аэродинамические трубы с короткой рабочей частью используются с различными приспособлениями (шпили, вихревые генераторы и заграждения), размещаемые на входе в рабочую часть для генерирования приемлемых средних и турбулентных условий потока. Приспособления этого типа также используются для увеличения глубины пограничного слоя в аэродинамических трубах с длинной рабочей частью с целью создания пограничного слоя частичной высоты при изучении воздействия ветра на низкие здания. Приемлемые моделирования пограничного слоя в коротких рабочих секциях для низких конструкций достичь сложнее.



На рис. 4 приведен внешний вид аэродинамической трубы рабочей группы «Аэродинамика в строительстве» Рурского университета г. Бохума (Arbeitsgruppe «Aerodynamik im Bauwesen», Германия). Труба имеет поперечное сечение рабочей части шириной 1,8 м, высотой 1,6 м и длиной 9,3 м, что составляет около шести высот. Максимальная скорость воздушного потока 30 м/с, для чего используется 12-лопостной вентилятор электродвигателем мощностью 105 кВт. Общая длина трубы с соплом и конфузором равняется 17 м. Потолок трубы (рис. 5) имеет конструкцию, которая позволяет изменять высоту вдоль рабочей части. Это применяется для корректировки давления вдоль рабочей части трубы. Такая конструкция трубы вполне удовлетворяет задачам моделирования влияния ветра на здания и сооружения, их элементов и части застройки.

Замкнутые аэродинамические трубы имеют более высокий КПД и по разным данным при тех же технических характеристиках потребляют на 10–20 % электроэнергии меньше, чем прямоточные. Но в таких трубах всегда существует проблема с характеристиками потока после прохождения им поворотных колен, рабочие части бывают также открытыми и закрытыми.

4. Аэродинамическая лаборатория

Кафедра металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры создала лабораторию строительной аэродинамики. При ее создании был учтен



Рисунок 4. Аэродинамическая труба Рурского университета г. Бохум (Германия).

мировой опыт строительства аэродинамических труб. Лаборатория является сложной технической системой для измерения, анализа и определения проектной информации для высотных конструкций при определении как общих сил, так и поверхностного давления. Для большей эффективности и экономичности решено создание нескольких метеорологических аэродинамических труб МАТ-1 и МАТ-2 различной конфигурации.

При ограничениях габаритных размеров помещения, в котором установлена МАТ-1 с относительно большими размерами рабочей части $1,0 \times 0,7 \times 4,8$ м проблематично вписать контур замкнутой аэродинамической трубы с обратным каналом. КПД МАТ-1 повышается за счет обратного течения потока через замкнутое пространство помещения, в котором размещается установка.

Одним из важных преимуществ аэродинамической компоновки МАТ-1 прямоточного

типа является односторонность прохода модели пограничного слоя атмосферы через закрытую рабочую часть. Применение тянущего винта, расположенного за рабочей частью, способствует достижению приемлемых интегральных стационарных характеристик пограничного слоя, под которыми подразумевают вертикальные профили средней скорости, интенсивность турбулентности и касательные напряжения Рейнольдса.

С целью создания благоприятных условий формирования потока воздуха при входе и при выходе в аэродинамическую трубу по оси аэродинамической трубы на торцевых стенах трубного зала установлены конические рассекатели. Внешний вид метеорологической аэродинамической трубы МАТ-1 показано на фотографиях рис. 6.

Характеристики МАТ-1: рабочая часть закрытого типа – длина 4,8 м; ширина 1,0 м; высота 0,7 м; диаметр поворотного круга 0,9 м;

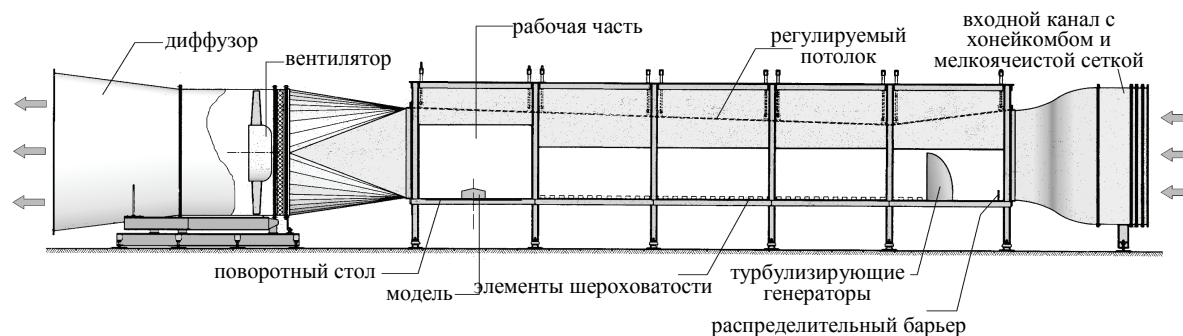


Рисунок 5. Схема трубы Рурского университета г. Бохум (Германия).



Рисунок 6. Внешний вид метеорологической аэродинамической трубы № 1 (МАТ-1) ДонНАСА.

максимальная скорость потока 20 м/с; один вентилятор с мощностью электродвигателя 8 кВт. Назначение: испытание отдельных зданий или сооружений в масштабах 1:100–1:1000, элементы конструкций, отработка методик экспериментов, поверка и градуировка приборов и датчиков.

Проектирование МАТ-2 было также ограничено габаритными внутренними размерами помещения 6 м (высота) × 12 м (ширина) × 36 м (длина) и для повышения эффективности трубы обратным каналом становится само помещение.

Соотношение длины к высоте рабочей части $L/H = 7,2$. Поэтому МАТ-2 следует отнести к МАТ с длинным рабочим каналом, т. к. его относительная длина $L/H > 6$. В МАТ с относительно длинным рабочим каналом предполагается формировать стационарный пограничный слой атмосферы с постоянными в вертикальной плоскости характеристиками турбулентности посредством различных пассивных турбулизаторов в виде клиньев овальной формы, клиньев треугольной формы, барьеров пилообразной формы, решеток, кубиков на нижней стенке рабочего канала и др. Схема выбранной аэродинамической компоновки МАТ-2 и размеры основных ее элементов показаны на рис. 7.

Характеристики МАТ-2: размеры рабочей части – длина 18,0 м; ширина 4,0 м; высота 1,9 м;

диаметр поворотного круга 3,0 м; максимальная скорость потока 20 м/с; четыре вентилятора мощностью по 30 кВт, 380 В. Назначение: испытание отдельных зданий, сооружений или элементов конструкций (М 1:1–1:200; 9 м² – 36 га), испытание комплекса зданий и сооружений (М 1:200–1:2 000; 36–3 600 га), испытание рельефа местности, решение вопросов ветроэнергетики (М 1:2 000–1:10 000; 3 600–90 000 га), аттестация метеорологических приборов и оборудования.

5. Выводы

В заключение следует сказать, что классическая аэродинамика создала базу для понимания механизмов ветрового потока в применении для строительства. Правильное применение этих знаний в проектировании высотных зданий и сооружений значительно уменьшит ущерб (финансовый и социальный) в ближайшие десятилетия.

Аэродинамическая труба выступает аналогом компьютера, где вводными данными являются данные набегающего потока, алгоритм – физическая модель на поворотном столе, а выходные данные – данные собранные электронными сверхчувствительными приборами и датчиками. Способность исследовать множество направлений ветра и конфигураций модели означает, что исследования в аэродинамической

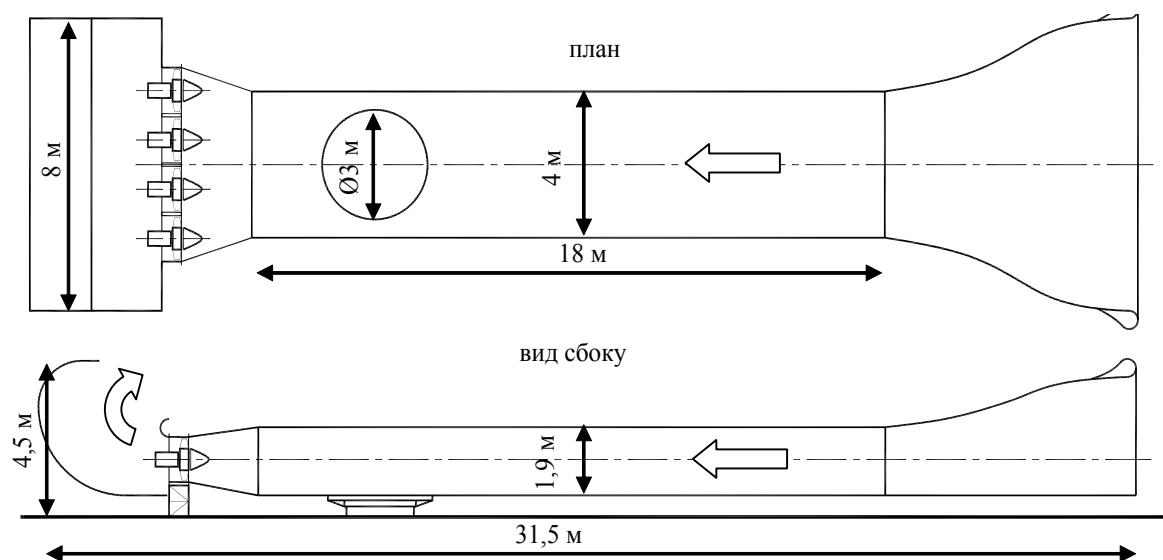


Рисунок 7. Принципиальная схема метеорологической аэродинамической трубы № 2.

трубе очень эффективный способ определения нагрузок на конструкцию во время проектного или экстремального (ураганного) ветров.

Для определения ветровых давлений эксперименты в аэродинамической трубе в данное время – наиболее надежный источник проектной информации для сложных форм зданий. Естественно, невозможно вычислить коэффи-

циенты в городской среде для каждого типа зданий или их комплексов. Однако предполагается, что путем определения классов сочетания типичных расположений зданий с типами зданий возможно получить относительные случаи для других данных при подобных формах, ассоциируя отклонение от рассматриваемого случая.

Литература

1. Кінаш, Р. І. Вітрове навантаження і вітроенергетичні ресурси в Україні [Текст] / Р. І. Кінаш, О. М. Бурнаєв. – Львів : ВНТЛ, 1998. – 1152 с.
2. Пашинський, В. А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції для території України [Текст] / В. А. Пашинський. – К. : УкрНДІПСК, 1999. – 185 с.
3. Аэродинамика электросетевых конструкций [Текст] : Монография / [Е. В. Горохов, М. И. Казакевич, С. Н. Шаповалов, Я. В. Назим] ; под ред. Е. В. Горохова, М. И. Казакевича. – Донецк : [б. и.], 2000. – 336 с.
4. Mikitarenko, M. A. Safe fatigue life of steel towers under the action of wind vibrations [Текст] / М. А. Mikitarenko, А. V. Perelmuter // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 1998. – No. 74–76. – P. 1091–1100.
5. Барштейн, М. Ф. Ветровая нагрузка на высокие здания [Текст] / М. Ф. Барштейн // Строительная механика и расчет сооружений. – 1974. – № 6. – С. 2–9.
6. Серебровский, Ф. Л. Влияние окружающей застройки на аэродинамическую характеристику зданий башенного типа [Текст] / Ф. Л. Серебровский, Н. Н. Зайцева // Сб. научных трудов Челябинского политехнического института / Челябинский политехнический институт. – Челябинск, 1972. – № 109. – С. 7–12.
7. Jensen, M. Model-Scale Tests in Turbulent Wind [Текст] / M. Jensen, N. Franck. – Copenhagen : Danish Technical Press, 1965. – 170 p.
8. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures [Текст]. American Society of Civil Engineers, ASCE Standard 7-98.
9. National Building Code of Canada. Canadian Commission of Building and Fire Codes [Текст]. NRC-CNRC 1995.
10. National Standard of the People's Republic of China [Текст]. Load Code for the Design of Building Structures GBJ 9-87, Beijing 1994.
11. Державні будівельні норми. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування [Текст] : ДБН В.1.2-2:2006. – Замість СНиП 2.01.07-85 ; надано чинності 2007-01-01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 61 с.

References

1. Kinash, R. I.; Burnaev, O. M. Wind load resource of Ukraine. Lviv: VNTL, 1998. 1152 p. (in Ukrainian)
2. Pashynskiy, V. A. Atmosphere load on building structures for Ukraine. Kyiv: UkrNDIPSK, 1999. 185 p. (in Ukrainian)
3. Gorokhov, Ye. V. (Ed.); Kazakevich, M. I. (Ed.); Shapovalov, S. N.; Nazim, Ya. V. Aerodynamics of the power supply structures. Monograph. Donetsk, 2000. 336 p. (in Russian)
4. Mikitarenko, M. A.; Perelmuter, A. V. Safe fatigue life of steel towers under the action of wind vibrations. In *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 1998, No. 74–76, p. 1091–1100.
5. Barshteyn, M. F. Wind load on high-rise structures. In *Construction Mechanics and Building Design*, 1974, No. 6, p. 2–9. (in Russian)
6. Serebrovskiy, F. L.; Zaytseva, N. N. Effect of surrounding development on aerodynamic characteristic of tower buildings. In compendium *Chelyabinsk Polytechnic Institute*. Chelyabinsk, 1972, No. 109, p. 7–12. (in Russian)
7. Jensen, M.; Franck, N. Model-Scale Tests in Turbulent Wind. Copenhagen: Danish Technical Press, 1965. 170 p.
8. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. American Society of Civil Engineers, ASCE Standard 7-98.
9. National Building Code of Canada. Canadian Commission of Building and Fire Codes. NRC-CNRC 1995.
10. National Standard of the People's Republic of China. Load Code for the Design of Building Structures GBJ 9-87, Beijing 1994.
11. National Structural Rules and Regulations. The system of reliability and safety provision of constructional projects. Loads and effects: DBN B.1.2-2:2006. Kyiv: Minbud of Ukraine, 2006. 61 p. (in Ukrainian)

Горохов Євген Васильович – д. т. н., професор, завідувач кафедри металевих конструкцій, ректор Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Президент Української асоціації з металевих конструкцій, закордонний член Російської академії будівництва, академік Академії Вищої освіти та Академії будівництва України. Член Міжнародного комітету по вивченню впливу вітру на будівлі та споруди. Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, кліматичні впливи на будівельні конструкції.

Кузнецов Сергій Георгійович – д. т. н., завідувач кафедри містобудування і інженерної графіки Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розвиток методики оцінки вітрового впливу на будівлі, споруди та їх комплекси, удосконалення методик моделювання приземного пограничного шару атмосфери, натурних і модельних випробувань будівель та споруд на вітрове навантаження.

Василев Володимир Миколайович – к. т. н., професор кафедри металевих конструкцій, начальник Лабораторії випробувань будівельних конструкцій і споруд Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Лауреат державної премії. Наукові інтереси: експериментально-теоретичне дослідження робіт опор ліній електропередачі; регулювання і облік внутрішнього напруженого стану гарячекатаного прокату в будівельних конструкціях.

Лозинський Едуард Олександрович – асистент кафедри архітектури промислових і цивільних будівель Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розвиток методики оцінки вітрового впливу на будівлі, споруди та їх комплекси, удосконалення методик моделювання натурних і модельних випробувань будівель та споруд на вітрове навантаження.

Дроздов Андрій Олександрович – студент Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розвиток методики оцінки вітрового впливу на будівлі, споруди та їх комплекси, удосконалення методик моделювання натурних і модельних випробувань будівель та споруд на вітрове навантаження.

Горохов Евгений Васильевич – д. т. н., профессор, заведующий кафедрой металлических конструкций, ректор Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Президент Украинской ассоциации по металлическим конструкциям, Иностраный член Российской Академии строительства, академик Академии Высшей школы и Академии строительства Украины. Член Международного комитета по изучению воздействия ветра на здания и сооружения. Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций, климатические нагрузки на строительные конструкции.

Кузнецов Сергей Георгиевич – д. т. н., заведующий кафедрой градостроительства и инженерной графики Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: развитие методики оценки ветровых воздействий на здания, сооружения и их комплексы, совершенствование методик моделирования приземного пограничного слоя атмосферы, натурных и модельных испытаний зданий и сооружений на ветровое давление.

Васылев Владимир Николаевич – к. т. н., профессор кафедры металлических конструкций, начальник Лаборатории испытаний строительных конструкций и сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Лауреат государственной премии. Научные интересы: экспериментально-теоретическое исследование работ опор линий электропередачи; регулирование и учет внутреннего напряженного состояния горячекатаного проката в строительных конструкциях.

Лозинский Эдуард Александрович – ассистент кафедры архитектуры промышленных и гражданских зданий Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: развитие методики оценки ветровых воздействий на здания, сооружения и их комплексы, совершенствование методик моделирования натурных и модельных испытаний зданий и сооружений на ветровое давление.

Дроздов Андрей Александрович – студент Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: развитие методики оценки ветровых воздействий на здания, сооружения и их комплексы, совершенствование методик моделирования натурных и модельных испытаний зданий и сооружений на ветровое давление.

Yevgen Gorokhov – DSc (Eng), Professor, Head of the Metal Structures Department, Rector of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. President of the Ukrainian Association of Metal Structures, a foreign member of the Russian Academy of Civil Engineering, an academician of the Higher School Academy and the Academy of Civil Engineering of Ukraine. A member of the International Committee on studying wind influence on buildings and structures. Scientific interests: operational reliability of building metal structures, climatic loads on building structures.

Sergey Kuznetsov – DSc (Eng), Head of the Town-planning and Construction and Engineering Graphics Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: development of method estimation of wind effects on buildings, construction and their complexes; perfection of methods modelling of a ground atmospheric boundary layer; full-scale and modelling tests of wind loads on buildings and structures.

Volodymyr Vasylev – PhD (Eng), a lecturer of the Metal Structures Department, head of the Laboratory of testing building structures and building of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. A state prize-winner. Scientific interests: experimental and theoretical investigation of power transmission tower operation, control and record of the inner stressed state of the hot-rolled metal in building structures.

Eduard Lozinsky – an assistant of the Architecture of Industrial and Civil Buildings Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: development of the estimation technique of the wind effects on buildings, construction and their complexes; imperfection of the simulation technique of the ground atmospheric boundary layer; full-scale and modelling testing of wind loads on constructions and structures.

Andrey Drozdov – an undergraduate of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: development of method estimation of wind effects on buildings, construction and their complexes, perfection of methods modelling of full-scale and modelling tests of wind loads on buildings and structures.