

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный
университет» (ННГАСУ)

Кафедра теплогазоснабжения
Кафедра отопления и вентиляции

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНЕШНЕЙ АЭРОДИНАМИКИ ЗДАНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторным работам по дисциплине «Вентиляция»
для студентов направления подготовки 270800.62 «Строительство»,
профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Нижегород
ННГАСУ
2014

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный
университет» (ННГАСУ)

Кафедра теплогазоснабжения
Кафедра отопления и вентиляции

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНЕШНЕЙ АЭРОДИНАМИКИ ЗДАНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторным работам по дисциплине «Вентиляция»
для студентов направления подготовки 270800.62 «Строительство»,
профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Нижегород
ННГАСУ
2014

УДК 533.6.07: 697.921.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНЕШНЕЙ АЭРОДИНАМИКИ ЗДАНИЯ

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Вентиляция» для студентов направления подготовки 270800.62 «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция».

Нижний Новгород, издание типографии «Деловая Полиграфия», 2014, С. 24.

В методических указаниях приведена методика определения аэродинамических коэффициентов здания с помощью аэродинамической трубы и модели здания.

Рис. 7, табл. 3, библиогр. назв. 5.

Составители: Кочев А.Г.,
 Сергиенко А.С.

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ)

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Исследование внешней аэродинамики здания.....	4
1. Цель работы.....	4
2. Основные теоретические положения.....	4
3. Приборы, необходимые для выполнения лабораторной работы.....	15
4. Порядок выполнения работы.....	15
5. Контрольные вопросы.....	24
Библиографический список.....	24

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНЕШНЕЙ АЭРОДИНАМИКИ ЗДАНИЯ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.

Научиться определять аэродинамические коэффициенты модели здания путем ее продувки в аэродинамической трубе.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

Обтекание тел потоками жидкости или газов является сложным физическим процессом. Этот процесс исследуют самолетостроители, строители наземного транспорта, судостроители. Исследования ведутся в основном экспериментальными методами с привлечением аппарата теории подобия. Изучение этого процесса в натуральных условиях сопряжено со многими трудностями. Кроме того, натурные наблюдения сложны и громоздки с организационной точки зрения. Главное в том, что при проведении натуральных наблюдений исследователь почти лишен возможности варьировать типы зданий, расстояния между ними, направление движения ветра и его скорость.

При исследовании воздействия турбулентного потока воздуха (ветра) на здания и сооружения предметом изучения обычно является распределение давления ветра. Знание этого давления дает возможность строителям рассчитать ветровую нагрузку на здание, а специалистам по вентиляции – организованный воздухообмен через открытые проемы (аэрацию) и перенос воздуха через неплотности в ограждениях, что во многих случаях определяет микроклимат в помещениях.

При обтекании здания потоком воздуха около него образуется застойная зона. Определение размеров этой зоны, условий циркуляции в ней воздушных потоков и, следовательно, условий проветривания зоны также является целью аэродинамического исследования здания. Наибольшее значение это исследование имеет для промышленных зданий с большим количеством вредных выбросов.

На лобовых поверхностях здания вследствие торможения потока происходит преобразование кинетической энергии – энергии движения – в потенциальную энергию давления. Распределение давления на здании зависит от направления ветра (по отношению к зданию) и от того, открыто здание для воздействия ветра или защищено другими зданиями и вследствие этого находится в аэродинамической тени. Величина давления в той или иной точке, кроме того, зависит от скорости ветра.

Если здание загорожено, например, впереди него имеется такое же параллельно расположенное здание, то давления на втором по потоку здании будут зависеть от расстояния между зданиями.

При моделировании обычно принимается здание отдельно стоящим, что дает возможность переносить полученные данные на целый класс явлений. При исследовании же внешней аэродинамики конкретного здания необходимо детальное соблюдение всех критериев и параметров, влияющих на условия его обтекания воздушным потоком.

Для изучения давления ветра на твердые тела необходимо знать распределение аэродинамических сил по поверхности тел [2, 3]. Для установления основных закономерностей рассмотрим обтекание пластинки, расположенной перпендикулярно направлению воздушного потока, согласно методике Э.И.Реттера [2, 3] (рис. 1).

Выделим малую струйку и запишем для нее уравнение Бернулли, рассматривая сечения 0-0 и 1-1,

$$\frac{\rho \cdot v_0^2}{2} + P_0 = \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} + P_1. \quad (1)$$

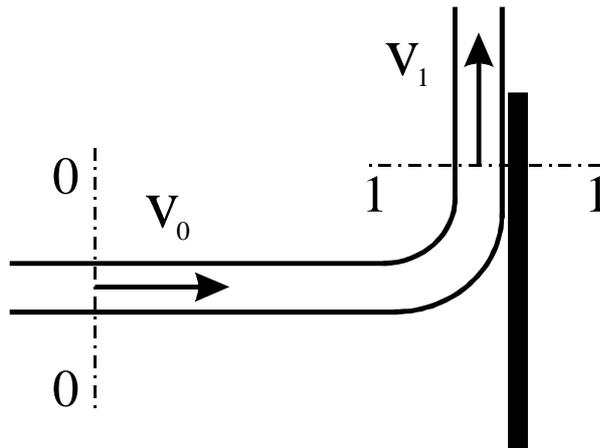


Рис. 1. Схема обтекания пластинки, расположенной перпендикулярно направлению воздушного потока [2, 3]

Если сечение 0-0 взято на достаточном расстоянии от пластинки, то v_0 будет представлять скорость невозмущенного потока, и тогда $P_0 = P_{ат}$ – атмосферные давления. Член $\rho \cdot v_0^2 / 2$ представляет собой кинетическую энергию невозмущенного потока (скоростной напор).

Тогда последнее выражение переписывается следующим образом

$$P_1 - P_{ат} = \frac{\rho \cdot v_0^2}{2} - \frac{\rho \cdot v_1^2}{2}. \quad (2)$$

Или в другом виде

$$P_1 - P_{ат} = \frac{\rho \cdot v_0^2}{2} \cdot \left(1 - \frac{v_1^2}{v_0^2}\right). \quad (3)$$

Левая часть полученного выражения – это избыточное давление P_1 в сечении 1-1 по сравнению с атмосферным давлением $P_{ат}$.

Из изложенного следует, что избыточное давление в произвольно выбранном сечении пропорционально скоростному напору. Выражение в скобках представляет собой аэродинамический коэффициент C_v

$$C_v = 1 - \frac{v_1^2}{v_0^2}. \quad (4)$$

Тогда избыточное давление в точке замера на поверхности здания определится из выражения

$$P_i = C_v \cdot \frac{\rho \cdot v_o^2}{2}. \quad (5)$$

Таким образом, аэродинамический коэффициент C_v определяет ту долю скоростного напора, которая переходит в статическое давление на поверхности здания.

Полученное выражение является основным для оценки аэродинамических характеристик зданий. Избыточное давление при этом может быть отрицательным. Значение аэродинамического коэффициента лежит в следующих пределах: $(-2) \leq C_v \leq 1$.

Зная аэродинамическую характеристику здания в виде спектра распределения аэродинамических коэффициентов на его поверхности при различных направлениях ветрового потока, можно вычислить силы, действующие на ограждающие конструкции здания.

Основной задачей при проведении исследований по нахождению аэродинамических коэффициентов является обеспечение таких условий эксперимента, при которых данные, полученные в лаборатории, могут быть применены в исходном виде или после математической обработки для нахождения аналогичных характеристик натуральных объектов.

Точное соблюдение условий моделирования практически осуществить достаточно трудно, поэтому применяются методы приближенного моделирования, основанные на особых свойствах движения вязкой жидкости: стабильности и автомодельности. Стабильность – свойство вязкой жидкости принимать при движении вполне определенное распространение скоростей. Автомодельность – это независимость характера движения от определяющего процесс критерия. В области автомодельности относительно критерия Рейнольдса Re нет необходимости со-

блюдать условие равенства критериев Re для модели и природы, что значительно облегчает постановку эксперимента.

При этом важнейшим условием является соблюдение подобия лабораторных исследований и природных явлений в отношении определяющих процесс критериев.

Говоря о модели и природе, прежде всего подразумевают их геометрическое подобие, т.е. пропорциональность всех линейных размеров модели и природы и равенство их соответственных углов (масштаб модели)

$$\frac{L}{l_{\text{мод}}} = \text{const}, \quad (6)$$

где L – геометрический размер природы, м;

$l_{\text{мод}}$ – соответствующий натурному размер модели, м.

Кроме геометрического подобия при проведении экспериментов необходимо учитывать следующие критерии (числа): число Рейнольдса Re , число Бэрстоу Ba , число Коши Ca , число Эйлера Eu , число Фруда Fr , число Струхалья Sh , степень турбулентности потока ε .

Многочисленные исследования, проведенные Эйфелем, Н.А.Рыниным, В.В.Батуриным, П.Н.Каменевым, К.А.Бункиным и А.М.Черемухиным, Э.И.Реттером, В.В.Кучеруком показывают, что аэродинамические коэффициенты зданий и их моделей практически равны между собой, то есть указанный коэффициент практически не зависит от скорости потока и масштаба модели, и наблюдается автомодельность в отношении критерия Рейнольдса Re

$$Re = \frac{v \cdot l}{\nu}, \quad (7)$$

где v – скорость воздушного потока, м/с;

ν – коэффициент кинематической вязкости, м²/с;

l – характерный размер, м.

К аналогичным результатам пришли Flachsbart (Германия), Ирмингер (Англия), Дриден, Хилл, Пежон, С.П.Николаев, Л.С.Гандин, А.Я.Ткачук, А.С.Лагунов. Автоподобность в отношении Re объясняется наличием у здания острых кромок, которые представляют собой фиксированные точки отрыва воздушного потока. Исключение в данном случае составляют тела обтекаемой формы (цилиндры и шары). Точки отрыва потока, а следовательно, и давление в отдельных точках будут зависеть от числа Re .

Число Бэрстоу Ba {или число Маха-Майевского M (или Ma)} представляет собой отношение скорости потока к скорости звука в среде и играет роль при больших скоростях потока воздуха, близких к скорости звука

$$Ba = \frac{v}{a_{зв}}, \quad (8)$$

где v – скорость воздушного потока, м/с;

$a_{зв}$ – скорость звука, м/с.

Оно характеризует относительную величину воздействия сжимаемости на течение газа. В нашем случае скорость потока в аэродинамической трубе составляет $5 \div 15$ м/с, поэтому влияние критерия Бэрстоу незначительно.

Число Коши Ca учитывает силу упругости у модели и натуре

$$Ca = \frac{v^2 \cdot \rho}{E}, \quad (9)$$

где v – скорость воздушного потока, м/с;

ρ – плотность воздушного потока, кг/м³;

E – модуль упругости Юнга материала модели, Па.

В этом случае для получения подобия необходимо обеспечить постоянство масштабов: линейного, массового и упругости. Постоянство

линейного масштаба требуется условием геометрического подобия, массового – условием подобия сил инерции и упругости – подобием деформации. Модели должны быть выполнены таким образом, чтобы исключить деформацию ее элементов, а поскольку модель и натура неподвижны, то подобие сил инерции сохраняется.

Число Эйлера Eu выражает соотношение между силами давления и динамическими силами, характеризует моделирование жидкости или воздуха при наличии разности давления и иногда называется коэффициентом давления в данной точке

$$Eu = \frac{P}{\rho \cdot v^2}, \quad (10)$$

где v – скорость воздушного потока, м/с;

ρ – плотность воздушного потока, кг/м³;

P – статическое давление на поверхности модели, Па.

Удвоенное значение этого критерия определяет аэродинамический коэффициент C_v , поэтому физический смысл критерия Эйлера Eu аналогичен физическому смыслу аэродинамического коэффициента.

Число Фруда Fr представляет собой отношение силы инерции единицы массы жидкости к силе тяжести и применяется, когда имеет существенное значение соотношение между силами тяжести и инерционными силами в потоке жидкости

$$Fr = \frac{v^2}{g \cdot l}, \quad (11)$$

где v – скорость воздушного потока, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

l – характерный размер, м.

На значение аэродинамического коэффициента критерий Фруда практически не оказывает, так как влияние веса газа в данном случае пренебрежимо мало.

Подобие по числу Прандтля Pr обусловлено определенными требованиями к физическим свойствам газов натурального и модельного течений

$$Pr = \frac{\nu}{a}, \quad (12)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости, $\text{м}^2/\text{с}$;

a – коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$.

Поскольку натурным и модельным течением является воздушный поток, параметры которого отличаются незначительно, то можно констатировать пренебрежимо малое влияние критерия Прандтля на отличие аэродинамических коэффициентов модели и натуре.

Число Струхали Sh обычно применяют при изучении нестационарных процессов

$$Sh = \frac{v \cdot T}{l}, \quad (13)$$

где T – время, с;

v – скорость воздушного потока, $\text{м}/\text{с}$;

l – характерный размер, м.

Статическое давление на поверхности, а следовательно, и аэродинамический коэффициент не зависят от этого критерия.

Для турбулентного потока газа свойственно нерегулярное изменение направления и скорости в каждой его точке. Характеристикой турбулентности, учитывающей пульсации, является степень турбулентности потока ϵ .

В новых аэродинамических трубах величина ϵ не превышает величины 0,7 %, в старых – 1,5 %, что не выходит за пределы точности инженерных исследований, составляющие ± 5 %. Разница в результатах, полученных для одинаковых моделей, обдуваемых в разных аэродинамических трубах, объясняется различной степенью турбулентности в

потоке воздуха, регулирование и учет которой требует сложного оборудования и специального исследования.

Необходимым условием является соблюдение значения миделевого сечения модели в определенных пределах. Под миделевым сечением модели подразумевают отношение площади проекции исследуемой модели здания на площадь поперечного сечения рабочей части аэродинамической трубы к площади поперечного сечения рабочей части трубы.

Согласно данным В.Н.Талиева площадь миделевого сечения модели не должна превышать 10 % от площади поперечного сечения рабочей части трубы, так как в противном случае испытание модели в трубе не будет соответствовать задаче обтекания тела безграничным потоком. Э.И.Реттер считает, ссылаясь на Б.Я.Кузнецова, что эта цифра должна составлять не более 4÷5 % от площади поперечного сечения рабочей части трубы.

Исследование внешней аэродинамики здания производится в аэродинамических трубах, плоских и объемных гидравлических лотках [5]. Расчет и проектирование аэродинамических труб в настоящее время хорошо разработаны и приведены в специальной литературе.

Аэродинамическая труба – это установка для получения искусственного равномерного прямолинейного потока воздуха. Аэродинамическая труба представляет собой воздуховод с побудителем движения воздуха (осевой или центробежный вентилятор) и устройством для создания равномерного потока в рабочей области, где находится испытываемая модель.

При всем разнообразии типов, размеров и конструкций аэродинамических труб их основные принципиальные характеристики являются общими и меняются лишь в зависимости от исследовательских целей, которым данная труба должна наиболее полно удовлетворять. Исход-

ным требованием к трубе является получение равномерного прямолинейного потока в рабочей области. Поле трубы не должно меняться при переходе от одного сечения рабочей области к другому, иначе отдельные элементы модели будут испытываться в разных условиях. Помимо равномерности скоростей в рабочей части должен отсутствовать или быть малым градиент статического давления вдоль оси. Не менее важным, но значительно более сложным по своему выполнению является требование малой начальной турбулентности потока в рабочей части трубы, так как высокая степень турбулентности оказывает значительное влияние на результаты опытов и может их исказить.

Трубы, используемые для аэродинамических исследований в строительстве, относятся к трубам малых скоростей. Эти трубы делятся на следующие виды:

1) трубы прямого действия. В них воздух, засасываемый вентилятором, пройдя через трубу, снова выбрасывается в атмосферу. Несмотря на простоту конструкции, они имеют тот недостаток, что воздушный поток в их закрытой части очень неравномерен ($\pm 3\div 5\%$);

2) замкнутые трубы с открытой и закрытой рабочей частью. Принципиальная особенность таких труб состоит в том, что постепенно расширяющийся диффузор непосредственно переходит в коллектор, и воздух в трубе циркулирует по замкнутому контуру.

Размеры аэродинамических труб колеблются в большом диапазоне – от труб с сечением рабочей области в несколько квадратных сантиметров до труб с сечением в сотни квадратных метров. Мощности, необходимые для приведения их в действие, достигают сотен тысяч киловатт.

Качество аэродинамической трубы определяется по формуле

$$\lambda = \frac{0,5 \cdot \rho_v \cdot F \cdot v_v^3}{N_{пр}}, \quad (14)$$

где ρ_v – плотность проходящего через трубу воздуха, кг/м³;

F – площадь поперечного сечения рабочей части трубы, м²;

v_v – скорость воздуха в рабочей части, м/с;

$N_{пр}$ – мощность привода вентилятора, Вт.

В хороших аэродинамических трубах величина λ достигает значения 3÷4 и более.

По результатам исследований может быть построена аэродинамическая характеристика здания в виде распределения давлений ветра на поверхности здания при различных направлениях ветрового потока.

На рис. 2 приведен пример распределения давлений ветра в среднем сечении ангара по опытам Эйфеля в виде значений аэродинамических коэффициентов. При этом положительные значения в масштабе откладываются внутрь здания, отрицательные – наружу.

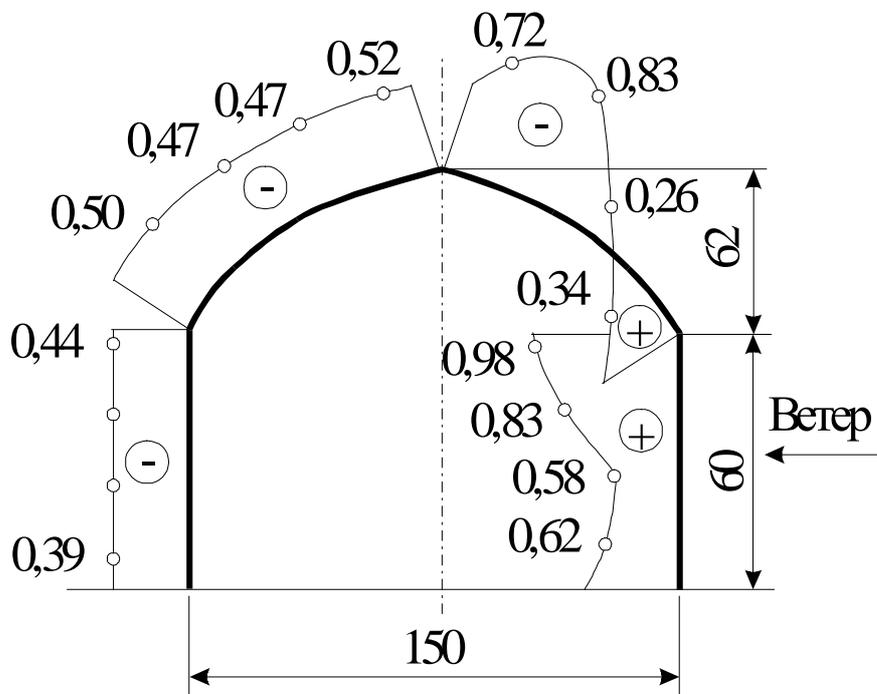


Рис. 2. Распределение давлений ветра в среднем сечении ангара (по опытам Эйфеля)

3. ПРИБОРЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.

1. Микроманометр типа ММН-240.
2. Анемометр чашечный МС-13.
3. Мерный инструмент – линейка или метр.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

Схема установки для выполнения лабораторной работы представлена на рис. 3. Аэродинамическая труба (рис. 3) позволяет получать в рабочей части, где располагается исследуемая модель объекта, искусственный равномерный поток воздуха, с равномерным и прямолинейным полем скоростей. Помимо этого необходимо обеспечить малый градиент статического давления вдоль оси потока и малую начальную турбулентность потока в рабочей части трубы, что может привести к искажению результатов опытов (см. раздел 2).

На приведенном рисунке размеры приведены в миллиметрах. Диаметр воздухопроводов аэродинамической трубы равен $D=1000$ мм. Измерение скорости v_v производится с помощью анемометра чашечного МС-13 У1.1 ГОСТ 6376-74 с диапазоном измерения средней скорости воздуха от 1 до 20 м/с.

Модели зданий изготовлены из листов плотной бумаги в масштабах 1:50 (Троицкая церковь, г. Балахна, Нижегородская область) и 1:100 (собор св. Александра Невского, г. Нижний Новгород; Крестовоздвиженский собор, Пермская область). Внутренняя полая область моделей для обеспечения жесткости и прочности заполнена быстротвердеющим пенным материалом.

Каждая испытуемая модель здания дренирована трубками, имеющими внутренний диаметр 2 мм. Трубки располагаются в местах расположения оконных проемов здания.

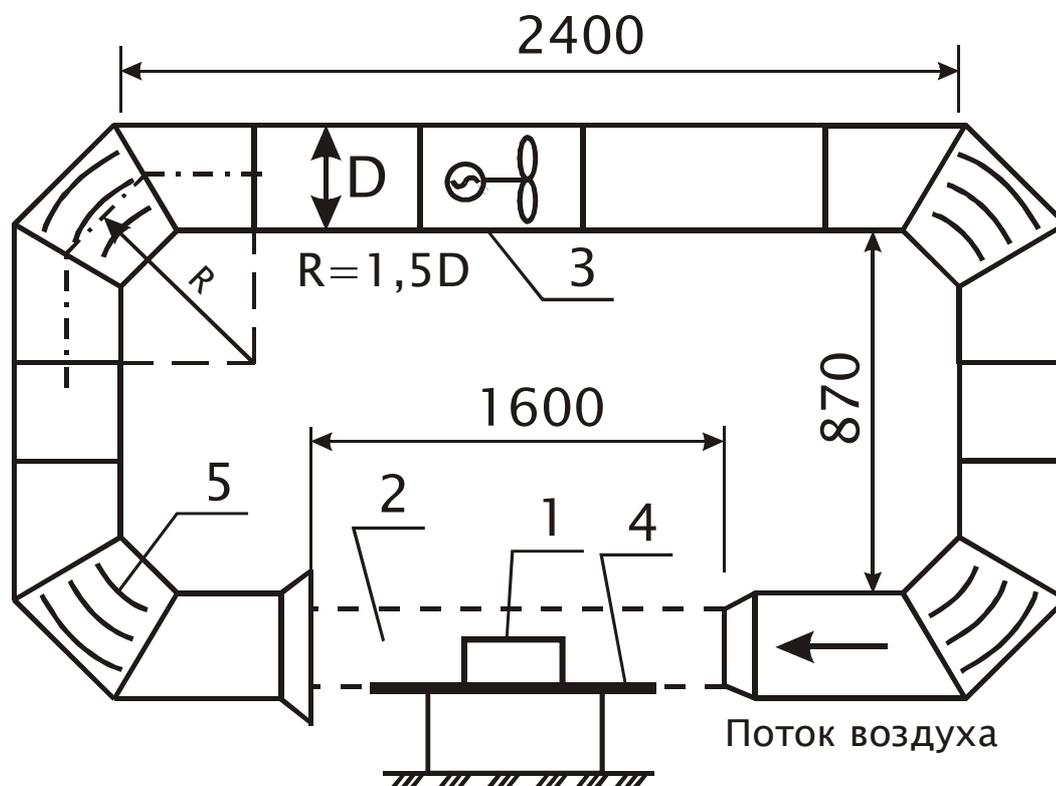


Рис. 3. Установка для исследования аэродинамических характеристик моделей зданий: 1-исследуемая модель объекта; 2-рабочая область аэродинамической трубы; 3-аэродинамическая труба с осевым вентилятором; 4-подставка под модель здания; 5-направляющие ребра

Измерение статического давления на поверхности модели здания в характерных точках производится микроманометром ММН-240(5)-1,0 ТУ 25-01-816-79, для чего каждая медная трубка соединяется с микроманометром резиновой гибкой трубкой. При положительном значении давления на поверхности модели трубка соединяется со штуцером (+), а при отрицательном – со штуцером (-).

Измерения для каждой точки производятся для восьми направлений воздушного потока: С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ.

Результаты замеров отсчета по шкале микроманометра Н записываются в виде таблицы 1.

Таблица 1

Значения Н, мм, на поверхности модели _____
при различных направлениях воздушного потока

Номер точки замера	Н, мм, при направлении ветра							
	В	СВ	С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	ЮВ
1								
2								
3								
⋮								
n								

Примечания:

1. В заголовке таблицы указывается название модели здания в соответствии с заданием руководителя лабораторной работы.

2. Значения величин Н, мм, записываются с соответствующим знаком: (+) или (-).

3. При проведении замеров записывается коэффициент микроманометра К.

Статическое давление в *i*-ой точке замера P_{ci} , Па, с учетом коэффициента микроманометра К определяется по соотношению

$$P_{ci} = g \cdot K \cdot H_i, \quad (15)$$

где H_i – высота подъема жидкости по шкале микроманометра, мм, принимаемая по таблице 1;

К – коэффициент микроманометра, характеризующий угол наклона измерительной трубки, принимаемый с наклонной направляющей микроманометра;

g – ускорение свободного падения, m/c^2 : $g=9,81 m/c^2$.

Результаты расчета P_{ci} , Па, записываются в виде таблицы 2.

Значения P_c , Па, на поверхности модели _____

при различных направлениях воздушного потока

Номер точки замера	P_c , Па, при направлении ветра							
	В	СВ	С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	ЮВ
1								
2								
3								
⋮								
n								

Примечания:

1. В заголовке таблицы указывается название модели здания в соответствии с заданием руководителя лабораторной работы.

2. Значения величин P_c , Па, записываются с соответствующим знаком: (+) или (-).

Определение динамического давления, соответствующего средней скорости потока воздуха, выходящего из аэродинамической трубы, производят следующим образом.

Определяют координаты и число точек замеров m ($j=1, 2, 3 \dots m$) по сечению воздушного потока в соответствии с рис. 4. Измерения скорости производятся на выходе воздуха из аэродинамической трубы.

Находят число оборотов крыльчатки анемометра чашечного МС-13 в единицу времени для каждой j -той точки по формуле

$$N_j = \frac{n_{2j} - n_{1j}}{t_j}, \quad (16)$$

где N_j – число оборотов счетчика в единицу времени в j -той точке, об/с;

t_j – время измерения в j -той точке, с;

n_{2j} , n_{1j} – конечное и начальное показания анемометра в j -той точке соответственно, об.

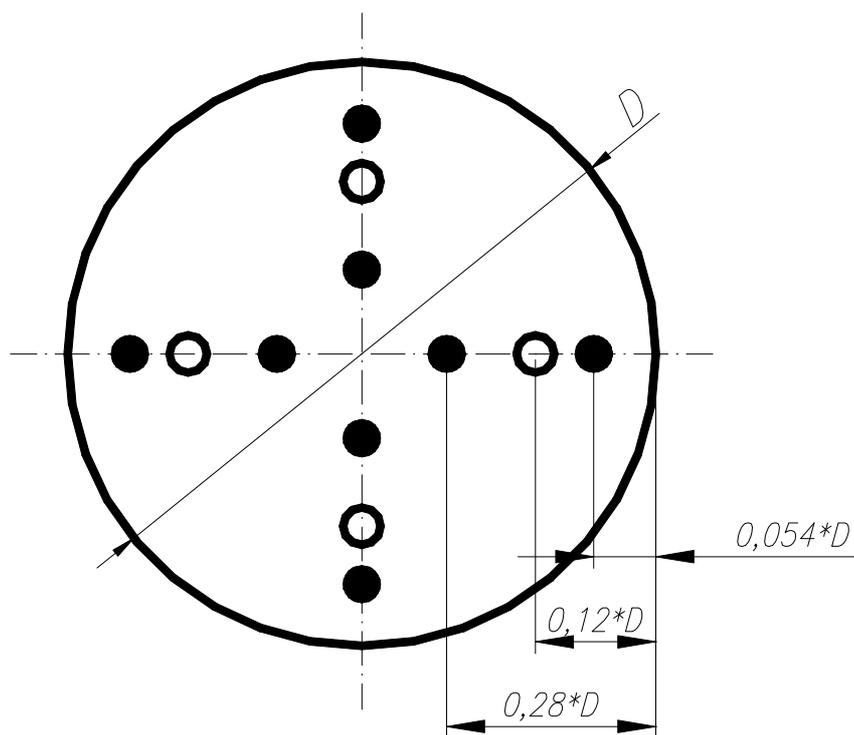


Рис. 4. Координаты точек измерения скорости воздуха в рабочей области аэродинамической трубы: о – при $100 \leq D < 300$ мм; • – при $D \geq 300$ мм.

Скорость в каждой j -той точке v_{vj} определяется по номограмме, прилагаемой к анемометру в зависимости от величины N_j .

Динамическое давление потока воздуха в j -той точке P_{dj} , Па, определяется по формуле

$$P_{dj} = \frac{\rho_v \cdot v_{vj}^2}{2}, \quad (17)$$

где ρ_v – плотность воздушного потока, кг/м^3 , определяемая по соотношению $\rho_v = 353 / (273 + t_v)$, при этом t_v – температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$, определяемая термометром;

v_{vj} – скорость воздушного потока в j -той точке, м/с.

После определения динамического давления потока воздуха в j -той точке P_{dj} , Па, определяется динамическое давление P_d , Па, соответствующее средней скорости потока воздуха, по формуле

$$P_d = \left(\frac{\sum_{j=1}^m \sqrt{P_{dj}}}{m} \right)^2, \quad (18)$$

где m – число точек измерения.

Аэродинамический коэффициент C_{vi} равен

$$C_{vi} = \frac{P_{ci}}{P_d}. \quad (19)$$

Результаты расчета C_{vi} записываются в виде таблицы 3.

Таблица 3

Значения C_v на поверхности модели _____
при различных направлениях воздушного потока

Номер точки замера	C_v при направлении ветра							
	В	СВ	С	СЗ	З	ЮЗ	Ю	ЮВ
1								
2								
3								
⋮								
n								

Примечания:

1. В заголовке таблицы указывается название исследуемой модели здания в соответствии с заданием руководителя работы.
2. Значения величин C_v записываются с соответствующим знаком: (+) или (-).

Исследования Э.И.Реттера [2, 3] показывают, что аэродинамические коэффициенты, полученные при испытании сплошных моделей, равны коэффициентам таких же моделей с открытыми проемами.

Расположение точек замеров статического давления на каждой из моделей православных храмов показано на рис. 5-7.

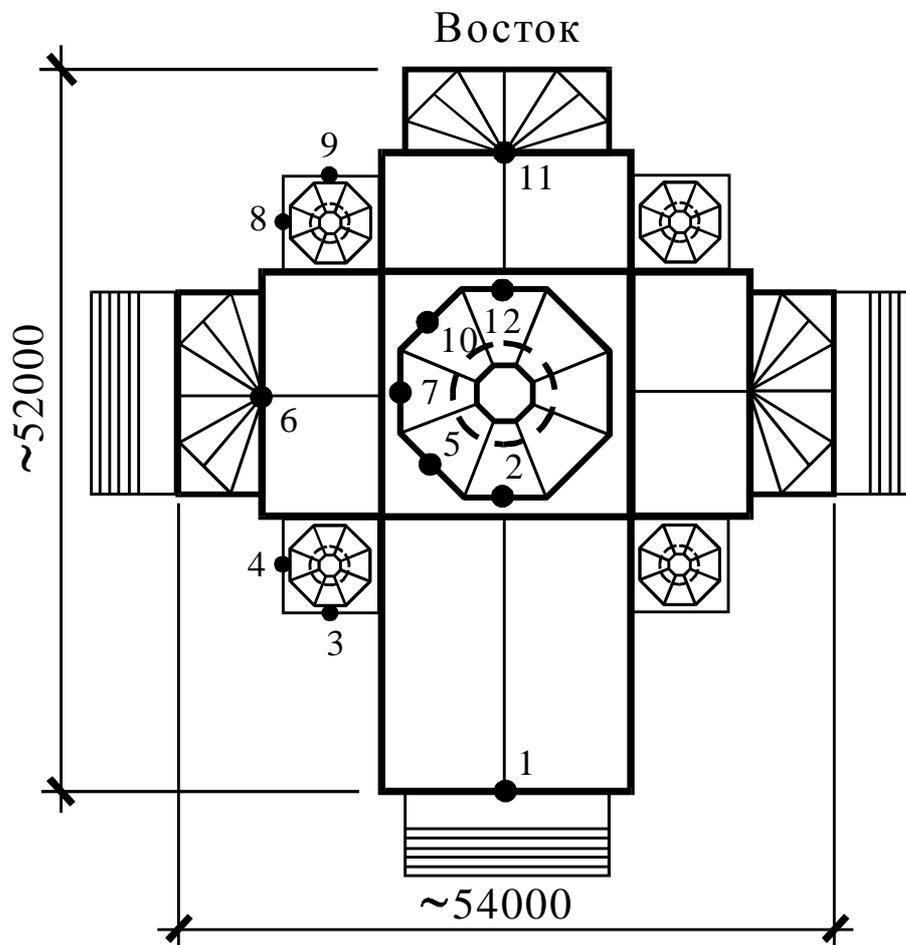


Рис. 5. Расположение точек замеров статического давления на наружной поверхности модели собора св. Александра Невского (г. Нижний Новгород)

Точки расположены на следующих уровнях по высоте: модель собора св. Александра Невского (рис. 5): 1-верхний ярус; 2-центральный барабан; 3-верхний ярус; 4-верхний ярус; 5-центральный барабан; 6-верхний ярус; 7-центральный барабан; 8-верхний ярус; 9-верхний ярус; 10-центральный барабан; 11-верхний ярус; 12-центральный барабан.

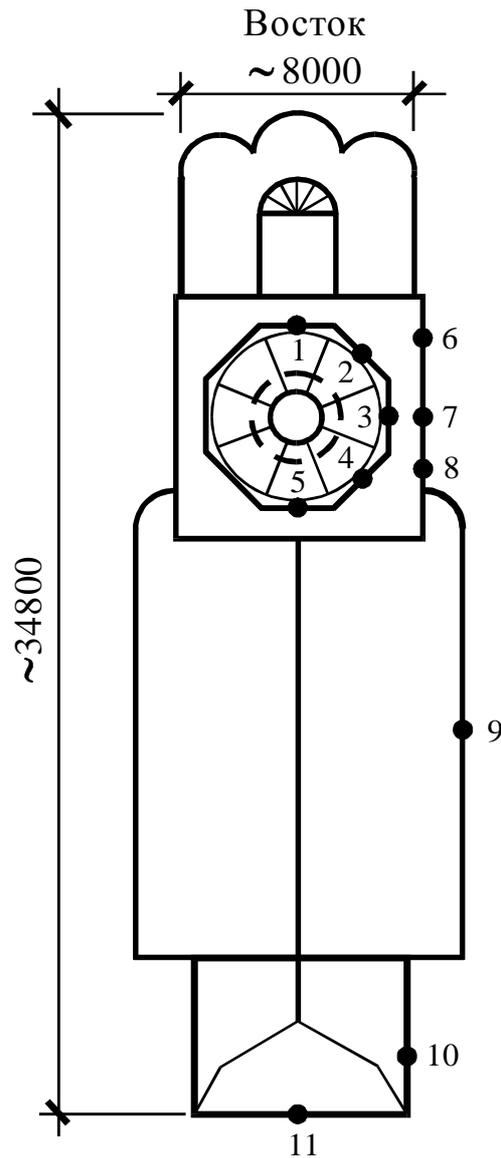


Рис. 6. Расположение точек замеров статического давления на наружной поверхности модели Троицкой церкви (г. Балахна, Нижегородская область)

Точки расположены на следующих уровнях по высоте: модель Троицкой церкви (рис. 6): 1-верхний ярус барабана; 2-верхний ярус барабана; 3-верхний ярус барабана; 4-верхний ярус барабана; 5-верхний ярус барабана; 6-нижний ярус; 7-верхний ярус; 8-нижний ярус; 9-нижний ярус; 10-нижний ярус; 11-нижний ярус.

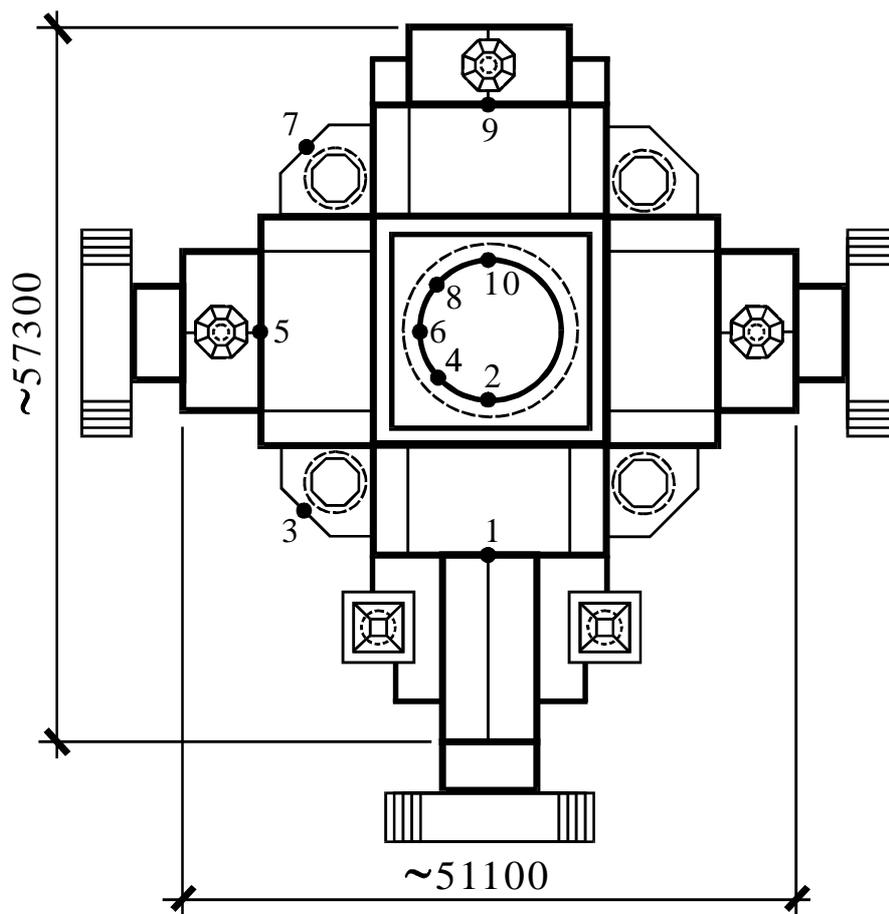


Рис. 7. Расположение точек замеров статического давления на наружной поверхности модели Крестовоздвиженского собора (Пермская область)

Точки расположены на следующих уровнях по высоте: модель Крестовоздвиженского собора (рис. 7): 1-верхний ярус; 2-центральный барабан; 3-верхний ярус; 4-центральный барабан; 5-верхний ярус; 6-центральный барабан; 7-верхний ярус; 8-центральный барабан; 9-верхний ярус; 10-центральный барабан.

В выводах по лабораторной работе следует отметить соотношение количества аэродинамических коэффициентов со знаком (+) и (-); определить, в каком диапазоне лежат значения коэффициентов; сравнить абсолютные значения аэродинамических коэффициентов.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Что такое автомодельность?
2. Какие основные критерии определяют обтекание здания воздушным потоком?
3. Дайте определение аэродинамической трубы.
4. Виды аэродинамических труб.
5. Методика определения аэродинамических характеристик модели здания.
6. Дайте определение миделевого сечения модели здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бубликова, Н.В. Определение аэродинамических параметров потока воздуха в системах вентиляции [Текст]: метод. указания / Н.В.Бубликова, В.Ф.Бодрова, Е.С.Козлов. – Нижний Новгород: издание НГАСА, 1997. – 9 с.: ил.
2. Реттер, Э.И. Архитектурно-строительная аэродинамика [Текст]: / Э.И.Реттер. – М.: Стройиздат, 1984. – 294 с.: ил.
3. Реттер, Э.И. Аэродинамическая характеристика промышленных зданий [Текст] / Э.И.Реттер. – Челябинск: Уральский филиал Академии строительства и архитектуры СССР, 1959. – 204 с.: ил.
4. Поляков, В.В. Исследование внешней аэродинамики здания [Текст]: метод. указания / В.В.Поляков. – М.: издание МИСИ им. В.В.Куйбышева, 1977. – 25 с.: ил.
5. Отопление и вентиляция [Текст]: учебник для вузов / В.Н.Богословский, В.И.Новожилов, Б.Д.Симаков, В.П.Титов. В 2-х ч. Ч. 2. Вентиляция. Под ред. В.Н.Богословского. – М.: Стройиздат, 1976. – 439 с.: ил.

Кочев Алексей Геннадьевич
Сергиенко Алексей Сергеевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНЕШНЕЙ АЭРОДИНАМИКИ ЗДАНИЯ

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Вентиляция» для студентов направления подготовки 270800.62 «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция».

Подписано к печати 19.11.2014 г., формат 60x90,1/16,
Бумага офсетная, уч. изд. л. – 1,4, усл. печ. л. – 1,5,
Тираж 200 экз., заказ № 51.

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ),
603950, Нижний Новгород, Ильинская, 65.
Напечатано в типографии «Деловая Полиграфия», 603009, Нижний Новгород, Пятигорская, 29.