

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт

РАСЧЕТ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗДАНИЙ

Методические указания
к выполнению практической работы
по дисциплине «Безопасность зданий и сооружений»
для студентов направления 20.03.01
«Техносферная безопасность»
очной и заочной форм обучения

Севастополь
СевГУ
2017

УДК 681.5

Р е ц е н з е н т:

С.М. Братан - доктор технических наук, профессор кафедры
«Технологии машиностроения».

Составители: Л.А. Ничкова, Т.Ю. Хоменко

Расчет аэродинамических характеристик зданий: метод. указания к выполнению практической работы для студентов направлений «Техносферная безопасность» по дисциплине «Безопасность зданий и сооружений» / Сост. Л.А. Ничкова, Т.Ю. Хоменко. – Севастополь: СевГУ, 2017 г. – 16 с.

Предназначены для оказания помощи студентам при выполнении практической работы по дисциплине «Безопасность зданий и сооружений». Рассматриваются аэродинамические характеристики зданий простого типа, распределение аэродинамических коэффициентов по профилю здания и распределение сил давления на отдельные конструкции здания. Для студентов приведен ряд поясняющих примеров и задания для самостоятельного выполнения.

УДК 681.5

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Техносферная безопасность». Протокол № 9 от «27» апреля 2017 г.

Допущено учебно-методическим отделом Политехнического института СевГУ в качестве методических указаний.

Издательский номер 18/17

СОДЕРЖАНИЕ

Цель работы.....	3
1. Краткие теоретические сведения.....	3
2. Порядок выполнения работы.....	7
3. Задание на практическую работу.....	9
4. Содержание отчета.....	14
5. Контрольные вопросы.....	14
Библиографический список.....	14
Приложение А	

РАСЧЕТ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗДАНИЙ

Цель работы: приобрести знания по исследованию аэродинамических характеристик здания простого типа: распределение аэродинамических коэффициентов по профилю здания; распределение сил давления на отдельные конструкции здания, проверка условия на опрокидывание стен.

1. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Аэродинамика зданий и сооружений имеет значение для территории Крыма т.к. она подвержена действию умеренных и сильных ветров [2]. Период с сильными ветрами в Крыму начинается во второй половине октября и продолжается до апреля. В таблице 1 представлены средние годовые скорости ветра.

Таблица 1 - Характеристики скорости ветра [2]

Станция	Средняя скорость, м/с	Среднее число дней с ветром	
		> 15 м/с	> 20 м/с
Керчь	5,5	29	16
Евпатория	5,4	26	6
Симферополь	3,3	38	10
Феодосия	4,6	12	5
Алушта	3,3	22	6
Севастополь	4,6	45	2
Ай-Петри	5,7	85	25
Черноморское	5,4	39	6

Действие воздушного потока, обтекающего здание, характеризуется силой давления на здание равное силе сопротивления воздушному потоку, определяемому с помощью разности аэродинамических коэффициентов для наветренной и заветренной сторон стен, согласно формуле 1:

$$Q = (k_{нав} - k_{зав}) \cdot \left[\frac{\rho \cdot V_0^2}{2} \right], \quad (1)$$

где ρ - плотность воздуха кг/м³,

V_0 - скорость движения воздуха, м/с,

$k_{зав}$, $k_{нав}$ - аэродинамические коэффициенты наветренной и заветренной сторон зданий, определяют ту долю скоростного напора, которая переходит в давление. Аэродинамический коэффициент безразмерная величина.

Наветренная сторона конструкции - это передняя поверхность конструкции (стены, карниза, щели) в которой наблюдается избыточное давление, т.е. эта область прямого действия незаторможенного воздушного потока обтекающего конструкцию здания или сооружения. Аэродинамические коэффициенты в наветренной поверхности всегда положительны. Качественная картина воздушного потока, наблюдаемая при обтекании здания, изображена на рисунке 1.

Возникающий в плоскости симметрии основной вихрь растекается в обе стороны, образуя закрученные струи, доходящие до вертикального ребра стены. Средняя скорость движения этой струи возрастает от центра к его концам примерно по параболическому закону. Аэродинамические коэффициенты для вертикальной стены имеют максимальное значение в середине и убывают при увеличении расстояния от оси симметрии. Не останавливаясь здесь на аналитическом решении этой пространственной задачи, отметим лишь, что для ее решения необходимы экспериментальные исследования.

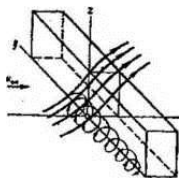


Рисунок 1 -Обтекание наветренной вертикальной плоскости стены здания линейного типа

Заветренная сторона здания - это поверхность расположенная не в поле прямого действия потока ветра, т.е. в области спутной струи. Аэродинамиче-

ское давление за зданием понижено по сравнению с атмосферным. Аэродинамические коэффициенты в заветренной части здания отрицательны.

Заветренная область характеризуется пониженной скоростью в области спутной струи, за счет потери энергии воздушного потока в наветренной области. По мере увеличения расстояния от здания влияние спутной струи уменьшается, и скорость воздуха возрастает, достигая в пределе значение скорости незаторможенного потока перед зданием. Заветренная область характеризуется вихреобразованием, направленным против основного потока. На характер потоков и протяженность заветренной области оказывает влияние степень турбулентности воздуха и, конечно, геометрическая характеристика обтекаемого здания. На рисунке 2,3 представлены зоны аэродинамической тени при вариации высоты, ширины, длины здания и угла, а между скоростью ветра и продольной стеной здания.

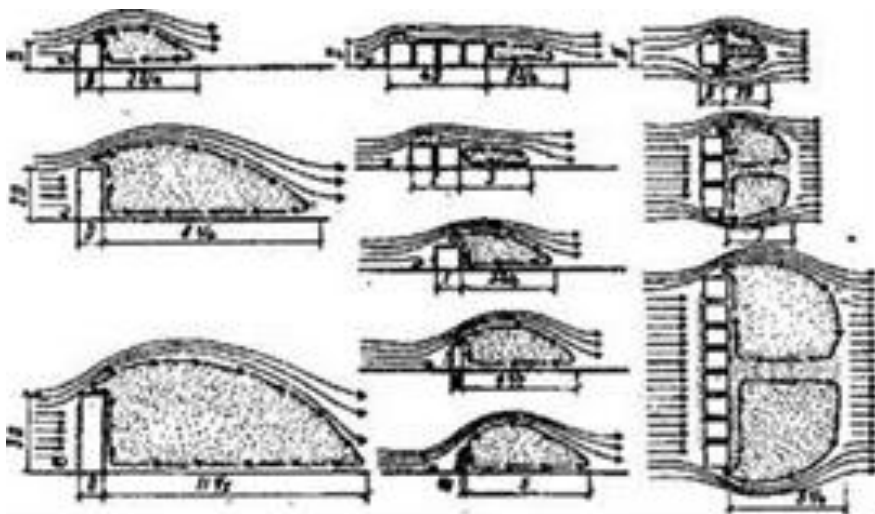


Рисунок 2 - Заветренные области здания при вариации высоты, ширины, длины $\alpha = 90^\circ$ (по Эвансу)

Приближенная зависимость для расчета относительной длины протяженности заветренной области.

$$X_{зав} \cong 2,4 \cdot H \cdot \sqrt{\frac{L}{B}},$$

где $X_{зав}$ - длина заветренной области, м;

H - высота здания, м ;

L, B - длина и ширина, м.

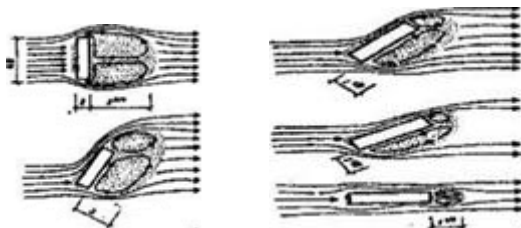


Рисунок 3 - Заветренные области здания при разных направлениях ветра (по Эвансу)

В аэродинамике зданий и сооружений существует два метода определения аэродинамических коэффициентов элементов здания: стен, карниза, щели по коньку здания.

Первый метод основан на изучении изменении аэродинамических коэффициентов в зависимости от геометрических размеров элементов здания. Второй метод основан на нахождении аэродинамических коэффициентов элементов здания в функции от угла наклона φ крыши.

1. Многочисленные исследования [1] позволили выделить два основных типа геометрических критериев, для вычисления аэродинамических коэффициентов для поверхностей здания в функции от его геометрических критериев при различных направлений ветра.

$$Z_L = \frac{b^{m+n}}{(H^m \cdot L^n)}, Z_b = \frac{x^{m+n}}{(H^m \cdot B^n)}; \quad (2)$$

где N, L, B - высота, длина и ширина здания, м;

b, x - один из характерных размеров, м, определяющих положение, рассматриваемой поверхности сечения здания;

m, n - показатели степени, определяемые экспериментально:

$$m = 3/4, n = 1/4 [1].$$

Поставленная задача, заключается в установлении функциональной зависимости для определения аэродинамического коэффициента K_α , согласно формуле 2:

$$K_\alpha = f(Z_L, Z_b, m, n), \quad (3)$$

где α - угол, определяющий направление действия ветра, $\alpha = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$.

Значения аэродинамических коэффициентов для наветренной стороны изменяется в пределах $0 < k \leq 1$, для заветренной стороны здания, изменяется

в пределах $0 > k \geq 2$. Зависимость для расчета аэродинамических коэффициентов принадлежат к несимметричным кривым гиперболического типа.

$$K_{\alpha} = \frac{\alpha}{Z_{\alpha} + \omega} + c, \quad (4)$$

где α, ω, c — безразмерные коэффициенты, зависят от направления ветра.

Приведенная зависимость для вычисления аэродинамического коэффициента от геометрических критериев здания для стен и других частей здания получена при угле наклона крыши здания $\varphi = 0 \dots 5^\circ$ ($i = 1:12$), где i - геометрический параметр наклона крыши.

2. Второй метод основан на определении аэродинамических коэффициентов в функции от угла наклона крыши φ .

В общем виде зависимость для определения аэродинамических коэффициентов K_1 , в зависимости от наклона крыши имеет вид:

$$K_1 = \beta \cdot K_{\alpha} \cdot i^x, \quad (5)$$

где K_{α} - аэродинамический коэффициент при направлении ветра α , определяемый по методу от геометрических размеров, β, x - коэффициенты, полученные при вариации наклона крыши, i - геометрический параметр наклона крыши, безразмерная величина. Вычисляется по формуле:

$$i = \operatorname{tg} \varphi \cdot \frac{2 \cdot h}{B}, \quad (6)$$

где h, B , - высота, ширина, м; φ - угол наклона крыши, в град.

Приведенные формулы применимы при $1:12 \leq i \leq 1:2$, что соответствует значениям $5^\circ \leq \varphi \leq 27^\circ$.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Вариант задания определяется преподавателем по номеру пункта приложения А в индивидуальном порядке.

2. В приложении А приведены следующие исходные данные:

- длина, ширина, высота здания - L, B, H , м;
- угол направления ветра - α , град.;

- один из характерных размеров, определяющий положение рассматриваемой поверхности или сечения – x , b , м;
- высота стен – H_0 , м;
- угол наклона крыши – φ , град;
- скорость ветра – V_0 , м/с;
- толщина стены – 8 см;
- тип материала стены.

3. Определить аэродинамические коэффициенты для всех элементов простого здания, которые нанесены на рисунке 4.

4. Проверка условий устойчивости стен здания на опрокидывание при действии ветровой нагрузки производится для продольных стен – 1, 2, торцевых стен – 3, 4. Для крыши – 5, проверка не производится.

5. Результаты вычислений должны быть сведены в общую таблицу 2.

Таблица 2 - Результаты вычисления

Части здания	Значения аэродинамических коэффициентов и результаты проверки стен на опрокидывание			
	Наветренной		заветренной	
	k	$M_{y0} \geq M_{онр}$	k	$M_{y0} \geq M_{онр}$
Продольная стена				
Торцевая стена				
Крыша		-		-

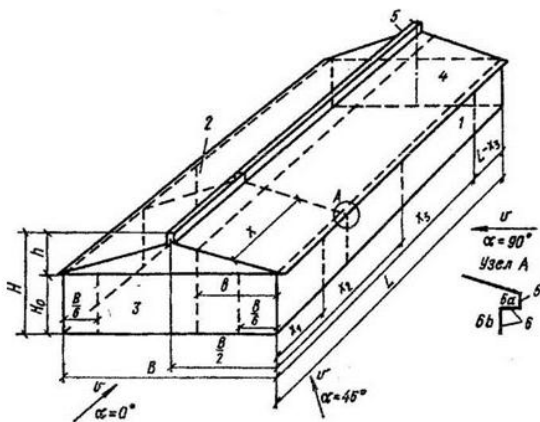


Рисунок 3 – Модель здания

1, 2 – продольные стены; 3, 4 – торцевые стены; 5 - крыша

4. ЗАДАНИЕ НА ПРАКТИЧЕСКУЮ РАБОТУ

РАСЧЕТ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЯ

4.1. Расчет аэродинамических коэффициентов для продольных стен - поверхности 1 (наветренная) и 2 (заветренная) (рисунок 3) [1].

4.1.1. Расчет геометрических критериев:

- для наветренной стороны здания Z_{45}^{+} , Z_{90}^{+} - геометрические критерии от угла, направления ветра определяются как:

$$\text{при } \alpha = 90^{\circ} \quad Z_{90}^{+} = B / L \frac{1}{4};$$

$$\text{при } \alpha = 45^{\circ} \quad Z_{45}^{+} = x / B \frac{1}{4},$$

- для ветра вдоль продольной стены здания:

$$\text{при } \alpha = 0^{\circ} \quad Z_0^{+} = x / L \frac{1}{4},$$

- для заветренной стороны здания Z_{45}^{-} , Z_{90}^{-} - геометрические критерии от угла направления ветра определяются как:

$$\text{при } \alpha = 90^{\circ} \quad Z_{90}^{-} = B / L \frac{1}{4};$$

$$\text{при } \alpha = 45^{\circ} \quad Z_{45}^{-} = x / B \frac{1}{4},$$

где L - относительная длина здания, м: $L = L/H$;

B - относительная ширина здания, м: $B = B/H$;

X - относительная длина заданного сечения x, м: $x = x/H$.

4.1.2. Расчет аэродинамических коэффициентов с учетом пределов изменения геометрических критериев.

- для наветренной стороны k_{90} , k_{45} - аэродинамические коэффициенты определяются как:

$$\begin{array}{lll} \text{для } \alpha = 90^{\circ} & \text{при } 0,8 \leq Z_{90}^{+} \leq 3,8 & k_{90} = [0,17/(Z_{90}^{+} - 0,32)] + 0,41; \\ & \text{при } Z_{90}^{+} > 3,8 & k_{90} = +0,53. \end{array}$$

$$\text{для } \alpha = 45^{\circ} \quad \text{при } 0,8 \leq Z_{45}^{+} \leq 13,0 \quad k_{45} = [0,25/(Z_{45}^{+} - 0,17)] + 0,22.$$

- ветер вдоль продольной стены K_0 ($\alpha = 0^\circ$):

$$\begin{aligned} \text{при } 0,65 \leq Z_0 \leq 1,43 & \quad k_0' = [0,35/(Z_0 - 0,18)] - 0,25 \\ \text{при } 1,43 < Z_0 < 12,0 & \quad k_0' = -0,03 \end{aligned}$$

- для заветренной сторон K_{90} , K_{45} :

$$\text{для } \alpha = 90^\circ \quad \text{при } 1,05 \leq Z_{90}^- \leq 2,8 \quad \% = - [0,07/(Z_{90}^- - 0,87)] + 0,04$$

$$\text{для } \alpha = 45^\circ \quad \text{при } 1,00 \leq Z_{45}^- \leq 12,0 \quad \% = - [0,63/(Z_{45}^- + 0,01)] + 0,01$$

При направлении воздушного потока под углом $\alpha = 90^\circ$: для наветренной стороны 1, среднее значение аэродинамических коэффициентов должно быть в пределах $k_{90} = +0,5 / +0,8$; для заветренной стороны 2 - $k_{90} = -0,1 / -0,4$. Под углом $\alpha = 45^\circ$: для наветренной стороны 1 - $k_{45} = +0,25 / +0,7$; для заветренной стороны 2 - $k_{45} = -0,05 / -0,8$. Под углом $\alpha = 0^\circ$ вдоль продольной стены - $k_0 = -0,02 + -0,5$.

4.2. Расчет аэродинамических коэффициентов для торцевых стен - поверхности 3 (наветренная) и 4 (заветренная) (рисунок 4.).

4.2.1. Расчет геометрических критериев.

- для наветренной стороны здания Z_0^+ , Z_{45}^+ - геометрические критерии от угла направления ветра определяются как:

$$\text{при } \alpha = 0^\circ: \quad Z_0^+ = B / L \frac{1}{4};$$

$$\text{при } \alpha = 45^\circ \quad Z_{45}^+ = B / L \frac{1}{4};$$

- для ветра вдоль торцевой стены здания Z_{90}' ,

$$\text{при } \alpha = 90^\circ \quad Z_{90}' = (b / H)^{1/2},$$

где b - характерный размер, определяющий положение рассматриваемой поверхности или сечения, м (см. таблицу 1)

- для заветренной стороны Z_{45}^- , Z_0^- - геометрические критерии от угла направление ветра определяются как:

$$\text{при } \alpha = 45^\circ \quad Z_{45}^- = (B / H)^{1/2};$$

$$\text{при } \alpha = 0^\circ \quad Z_0^- = (B / H)^{1/2},$$

где L - относительная длина здания, м: $L = L/H$;

B - относительная ширина здания, м: $B = B/H$;

x - относительная длина заданного сечения л, м: $x = x/H$.

4.2.2. Расчет аэродинамических коэффициентов с учетом пределов изменения геометрических критериев.

- для наветренной стороны k_o , k_{45} - аэродинамические коэффициенты определяются как:

для $\alpha = 0^\circ$	при $1,95 \leq Z_0^+ \leq 3$	$k_o = [0,1/(Z_0^+ - 0,83)] + 0,47$;
	при $1,95 > Z_0^+ > 3$	$k_o = +0,8 \pm 0,1$
для $\alpha = 45^\circ$	при $1,1 < Z_{45}^+ \leq 3,0$	$k_{45} = [0,03/(Z_{45}^+ - 0,92)] + 0,02$;
	при $1,1 > Z_{45}^+ > 3,0$	$k_{45} = +0,23$.

- ветер вдоль продольной стены $k_{90}(\alpha = 90^\circ)$:

при $0,6 < Z_{90}' \leq 2,1$ $k_{90} = - [0,66/(Z_{90}' - 0,068)] - 0,29$.

- для заветренной стороны k_o , k_{45} До - аэродинамические коэффициенты определяются как:

для $\alpha = 45^\circ$	при $1,5 \leq Z_{45}^- \leq 2,3$	$k_{45} = -0,21 \pm 0,04$;
для $\alpha = 0^\circ$	при $1,5 \leq Z_0^- < 2,3$	$k_o = -0,13 \pm 0,05$.

При направлении воздушного потока под углом $\alpha = 0^\circ$:

- для наветренной стороны 3, среднее значение аэродинамических коэффициентов должно быть в пределах $+0,5 \pm 0,85$;

- для заветренной стороны 4 - $k_o = -0,13 \pm 0,05$.

Под углом $\alpha = 45^\circ$:

- для наветренной стороны 3 - $k_{45} = +0,4 / +0,2$;

- для заветренной стороны 4 - $k_{45} = -0,21 \pm 0,04$.

Под углом $\alpha = 90^\circ$ вдоль торцевой стены $-k_{90} = -1 + 0$.

4.3. Крыша.

4.3.1. Геометрический критерий для рассматриваемого случая определяется по формуле:

$$Z_\phi = \frac{H}{H_o} = \frac{(H + h)}{H_o},$$

где H_o - высота стены, м;

H - полная высота здания, м;

$H - h = H - H_o$ - подъем крыши, м.

Так как $h = 0,5 \cdot B \cdot \operatorname{tg} \varphi$, то $Z_\phi = 1 + \frac{0,5 \cdot B \cdot i}{H_o}$, где i - геометрический параметр наклона.

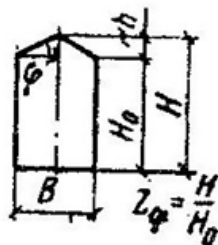


Рисунок 5 – Характерные размеры крыши.

4.3.2. Расчет аэродинамических коэффициентов.

- наветренная сторона крыши:

$$\text{при } \alpha = 90^\circ \quad k_{90}^i = -\left[\frac{0,46}{(z_\phi - 0,89)} - 0,86\right];$$

$$\text{при } \alpha = 45^\circ \quad k_{45}^i = -\left[\frac{0,53}{(z_\phi - 0,72)} + 0,65\right];$$

$$\text{при } \alpha = 0^\circ \quad k_0^i = -0,09 \cdot z_\phi + 0,30.$$

- заветренная сторона крыши:

$$\text{при } \alpha = 90^\circ \quad k_{90}^i = -0,33 \cdot z_\phi;$$

$$\text{при } \alpha = 45^\circ \quad k_{45}^i = -0,56;$$

$$\text{при } \alpha = 0^\circ \quad k_0^i = -0,09 \cdot z_\phi + 0,30.$$

При направлении воздушного потока под углом $\alpha = 0^\circ$: значение аэродинамических коэффициентов должно быть в пределах $k_o = -0,4 / -0,5$;

под углом $\alpha = 45^\circ$:

- для наветренной стороны крыши – $k_{45}^+ = -0,5 + 0,2$;

- для заветренной стороны крыши ~ $k_{45}^- = -0,56$,

под углом $\alpha = 90^\circ$:

- для наветренной стороны крыши – $k_{90}^+ = -0,7 / -+0,4$;

- для заветренной стороны – $k_{90}^- = -0,4 / -0,6$.

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ СТЕН

Условие устойчивости стен здания на опрокидывание [3] при действии ветровой нагрузки будет справедливым, если

$$M_{y0} \geq M_{опp}$$

где M_{y0} - удерживающий момент от собственного веса стены P , кг/м;

$M_{опр}$ - опрокидывающий момент от расчетных ветловых усилий, действующих на наветренную или заветренную стену здания P_n, P_z , кг/м.

Опрокидывающий момент для наветренной стены здания определяется как:

$$M_{опр} = \frac{P_n \cdot H_o}{2},$$

для заветренной стороны:

$$M_{опр} = \frac{P_z \cdot H_o}{2}.$$

Расчетное ветровое усилие, действующее на стены здания с наветренной и заветренной сторон, определяются по выражениям:

$$P_n = q_{н.н.}^c \cdot n \cdot H_o, \quad P_z = q_{н.з.}^c \cdot n \cdot H_o,$$

где n – коэффициент перегрузки, для ветровой нагрузки здания, следует принимать $n = 1,2$ [3]; $q_{н.н.}^c, q_{н.з.}^c$ – нормативные значения ветровой нагрузки с наветренной и заветренной сторон, определяются как:

$$q_{н.н.}^c = q_o \cdot k \cdot k_n, \quad q_{н.з.}^c = q_o \cdot k \cdot k_z,$$

где k – коэффициент, учитывающий изменение скоростного напора ветра в зависимости от высоты, $k = 1$ [1]; k_n, k_z – аэродинамический коэффициенты наветренной и заветренной стен, определяются по п. 5.; q_o – скоростной напор ветра на высоте 10 м, определяется по формуле:

$$q_o = \frac{\rho \cdot V_o^2}{2},$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м³, $\rho = 1,2$ кг/м³; V_o – скорость ветра, м/с, приложение А.

Удерживающий момент $M_{y\partial}$ от собственного веса стены P определяют по выражению:

$$M_{y\partial} = \frac{n_1 \cdot P \cdot \delta}{2},$$

где n_1 – коэффициент перегрузки собственного веса стены, $n_1 = 0,9$ [1];

δ – толщина стены, м, приложение А; P - собственный вес стены, кг, определяется как:

$$P = \delta \cdot H_o \cdot B_o \cdot \gamma,$$

где B_o - приведенная ширина стены, м, $B_o = 1$ м; объемный вес материала из которого изготовлена стена, кг/м³, приложение А.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет оформляется в соответствии с требованиями, предъявляемыми к оформлению лабораторных работ в вузе, и должен содержать:

1. Титульный лист.
2. Формулировку цели работы.
3. Постановку задачи в соответствии с заданием.
4. Расчет аэродинамических характеристик зданий и проверка условий устойчивости стен.
5. Выводы по работе.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Понятие аэродинамический коэффициент?
2. Понятие наветренная сторона здания?
3. Понятие заветренная сторона здания?
4. Методы определения аэродинамических коэффициентов здания?
5. Условие устойчивости стен здания?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Реттер Э.И. Архитектурно-строительная аэродинамика / Э.И. Реттер - М.: Стройиздат, 1984.-294 с.
2. Климат и опасное гидро- метеорологические явления Крыма / Под ред. К.Т. Логвинова, М.Б.Барабаш Л.: Гидрометеиздат, 1982. - 317 с.
3. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания. М.: АВОК-ПРЕСС, 2003.
4. Тарабанов М. Г. Опыт проектирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха высотных зданий // АВОК. 2004. № 6.
5. Daniels K. The Technology of Ecological Building. Birkhauser, 1997.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица А.1 – Варианты заданий

№	Угол направления ветра, град	L - длина здания, м	B - ширина здания, м	H - высота здания, м	Скорость ветра V_0 , м/с	Угол наклона крыши, град
0	0	30	6	5,5	10	14
1		40	8	6	12	
2	90	47	10	6,5	14	27
3		54	12	7	16	
4		62	14	8	18	
5		70	17	10	20	
6	45	78	15	7,5	11	5
7		88	13	12	15	
8		95	11	8,5	17	

Продолжение приложения А

№	Толщина стены, см	Тип стены	Сечение x		Сечение b , для $\alpha = 90^\circ$
			для $\alpha = 0^\circ$	для $\alpha = 45^\circ$	
0	20	Керамзитобетон $\gamma = 1300 \text{ кг/м}^3$	$x_1 = \frac{L}{6}$	$x_3 = \frac{5L}{6}$	$b = \frac{B}{2}$
1	30				
2	40				
3	20	Кирпичная кладка $\gamma = 1600 \text{ кг/м}^3$	$x_2 = \frac{L}{2}$	$x_1 = \frac{L}{6}$	$b = \frac{B}{6}$
4	30				
5	40				
6	20	Бетон $\gamma = 2400 \text{ кг/м}^3$	$x_3 = \frac{5L}{6}$	$x_2 = \frac{L}{2}$	$b = \frac{B}{6}$
7	30				
8	40				
9	50				

**РАСЧЕТ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ЗДАНИЙ**
Методические указания

Редактор – *О.В. Дмитриева*

Составители: **Ничкова** Лариса Александровна,
Хоменко Тамара Юрьевна

РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»