

УДК 69.032.22

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Кушнаренко Анна Сергеевна

Цаболова Ольга Эриковна

Хуррамов Замонбек Ёркин угли

студент 1 курса, кафедра строительства

научный руководитель: **Тимофеева Елена Федоровна**

канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры высшей алгебры и геометрии

СКФУ, г. Ставрополь

Аннотация. Данная статья рассказывает об удобном методе определения ветровой нагрузки на высотные здания на примере задачи. Она познакомит с удобным для расчетов методом, который не требует дополнительных знаний и средств для решения поставленной задачи.

Ключевые слова: ветровая нагрузка, высотные здания.

Сложно представить современную цивилизацию без высотных зданий и сооружений. Благодаря развитию индустрии строительства, в возведении многоэтажных сооружений применяют новые технологии и материалы.

Одной из самых серьезных задач, с которыми сталкиваются архитекторам и проектировщикам - расчет влияния ветровых нагрузок на строительные сооружения, благодаря которым нагрузки сводятся к минимуму, а устойчивость здания к максимуму. В результате анализа воздействия ветровых нагрузок выбираются наиболее оптимальные модификации конструкций, материалы облицовки и т.д.

Современные многоэтажные сооружения, выполненные из стекла, бетона и металла подвергаются ветровому влиянию, в отличие от своих предшественников, построенных из кирпичной кладки. На момент строительства первых многоэтажных зданий действие ветровых нагрузок не учитывали, так как соотношение массы, высоты и размеров здания в плане позволяла обеспечивать боковую устойчивость. Но в дальнейшем, с ростом высоты постройки и возрастании его гибкости, расчет конструкции на боковые нагрузки приобрел главную роль.

Из этого следует, что главная задача проектировщика - обеспечение выполнения требований СП 20.13330.2011 СНиП 2.01.07—85 по безопасности и надежности возводимого здания при воздействии ветровых нагрузок и его соответствие нормальной эксплуатации в течение его срока службы.

Для высокорослых конструкций с высоким аспектным отношением анализ нестационарного вихревого линения имеет важное значение, поскольку он индуцирует колебательные силы по-

перечного ветра с определенной частотой. Если эти колебания совпадают с собственной частотой структуры, то движение может быть усилено, приводя к повреждению или даже разрушению структуры.

Для решения вопроса о том, какой материал будет использоваться в строительстве, проектировщику необходимо проанализировать ветровую нагрузку на здание, и сравнить с износостойкостью разных материалов, для выбора оптимального.

Если предположить, что перед архитектором стоит задача вычисления минимальной толщины стекла при строительстве здания высотой 100 м, длину и ширину 60м, построенного в г. Ставрополе. Тип местности С (см. ниже), уклон крыши 15 градусов, площадь застекления 1700х1100 мм.

Формула расчета основной средней ветровой нагрузки следующая:

$$W_m = W_0 \times k \times c$$

Где W_m – нормативное значение основной средней ветровой нагрузки, кг/м²;

W_0 – нормативное значение ветрового давления, кг/м²;

k – коэффициент, который учитывает влияние высоты на давление ветра;

c - аэродинамический коэффициент.

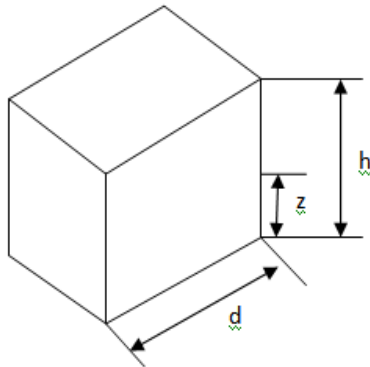
Средняя составляющая основной ветровой нагрузки

Значение ветрового давления W_0 можно найти на специальном калькуляторе или же, по таблице, зная свой ветровой район (у Ставрополя V):

Ветровой район	Ia	I	II	III	IV	V	VI	VII
W_0 , кг/м ²	17	23	30	38	48	60	73	85

Ветровой коэффициент k зависит от эквивалентной высоты Z_e .

Если высота здания (h) 100м, высота от поверхности земли (d) 60м, Z_e будет принимать значение: $Z_e = h = 100$ м.

При $h \leq d$	При $d < h \leq 2d$		При $h > 2d$		
	Для $z \geq h-d$	Для $z < h-d$	Для $z \geq h-d$	Для $d < z < h$	Для $0 < z \leq d$
$Z_e = h$	$Z_e = h$	$Z_e = d$	$Z_e = h$	$Z_e = z$	$Z_e = d$
z- высота от поверхности земли					
d- поперечный размер здания					
h- высота здания					

Для разных участков по высоте бывают разные эквиваленты высоты.

После нахождения эквивалентной высоты Z_e , находится коэффициент k :

Высота Z_e , м	Коэффициент k для типов местности		
	А	В	С
≤ 5	0,75	0,5	0,4
10	1,0	0,65	0,4
20	1,25	0,85	0,55
40	1,5	1,1	0,8
60	1,7	1,3	1,0
80	1,85	1,45	1,15
100	2,0	1,6	1,25
150	2,25	1,9	1,55
200	2,45	2,1	1,8
250	2,65	2,3	2,0
300	2,75	2,5	2,2

Типы местности:

А- открытые местности (степи, лесостепи, побережье морей, сельские местности с высотой построек до 10 м).

В- городские территории, лесные массивы и др. территории с высотой построек более 10 м.

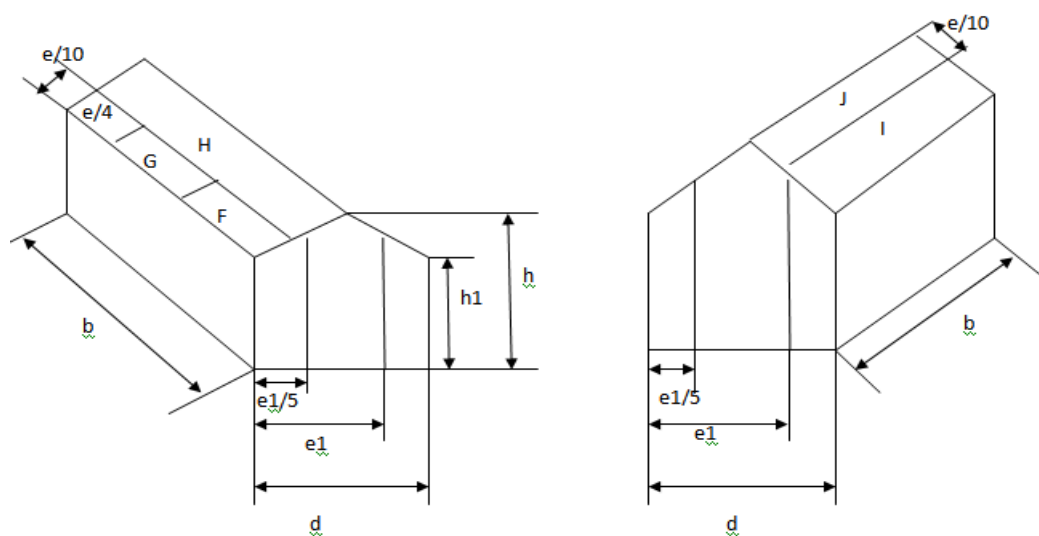
С- городские районы с плотной застройкой зданиями высотой более 25 м.

Для типа местности С (по условию) берется значение **k=1,25**.

Завершающим этапом определения средней составляющей ветровой нагрузки - нахождение аэродинамического коэффициента **c**.

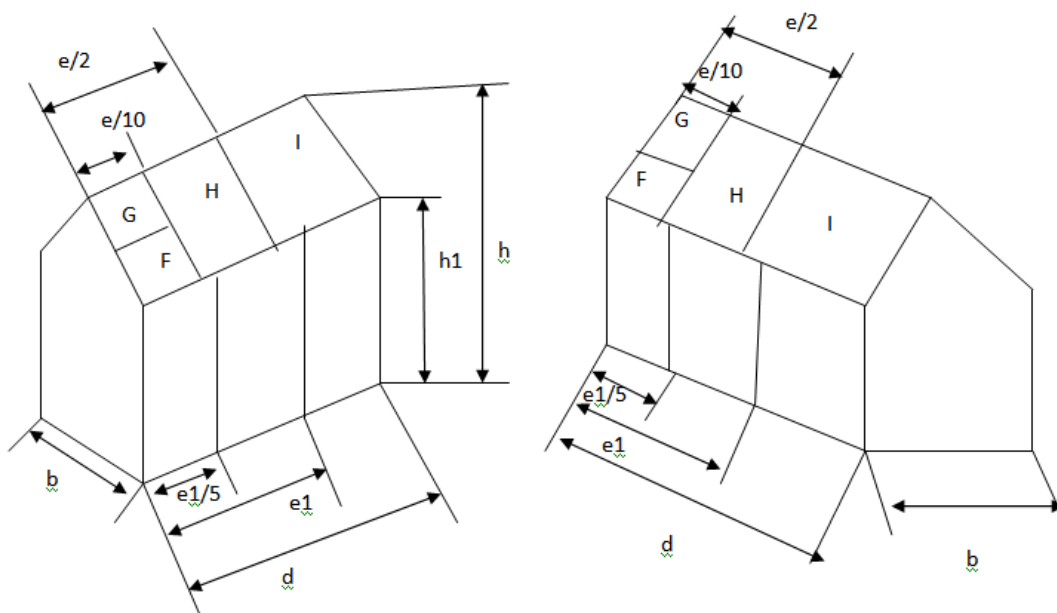
Данный коэффициент может быть как положительным, так и отрицательным, и зависит от формы здания или сооружения и направления ветра. В данном примере говорится о здании с двускатным покрытием.

1. Направление ветра сбоку.



Уклон β	F	G	H	I	J
0°	-1,8	-1,3	-0,7	-0,5	-0,5
15°	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1,0
	0,2	0,2	0,2		
30°	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	0,7	0,7	0,4		
45°	0,7	0,7	0,6	-0,3	-0,3
60°	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
75°	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,2

2. Ветер направлен в торец здания

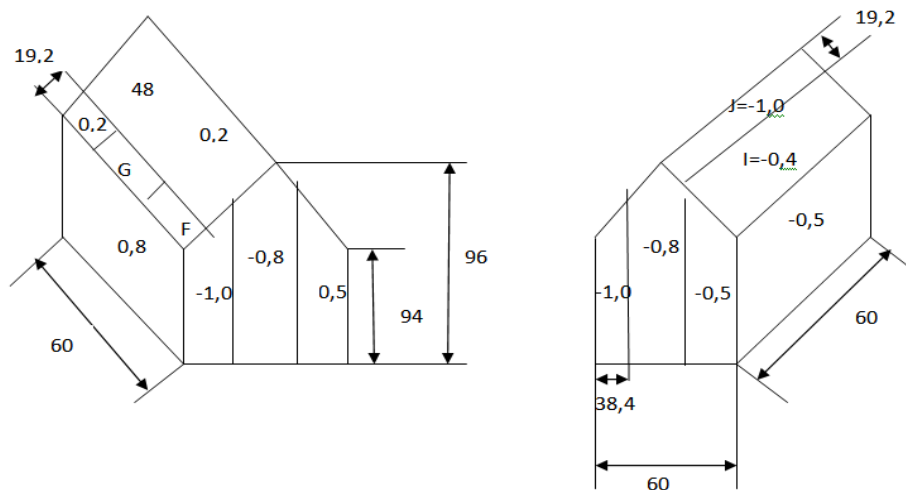


Уклон β	F	G	H	I	J
0°	-1,8	-1,3	-0,7	-0,5	-0,5
15°	-1,3	-1,3	-0,6	-0,4	-0,5
30°	-1,1	-1,4	-0,8	-0,4	-0,5
45°	-1,1	-1,4	-0,9	-0,3	-0,5
60°	-1,1	-1,2	-0,8	-0,2	-0,5
75°	-1,1	-1,2	-0,8	-0,2	-0,5

По данным условий, аэродинамический коэффициент c ($b=60\text{м}$, $d=60\text{м}$, $h_1=94\text{м}$, $h=96\text{м}$) будет равен:

$$e_1 = 2 \cdot h_1 = 2 \cdot 94 = 188\text{м}$$

$$e = 2 \cdot h = 96 \cdot 2 = 192\text{м}$$



При умножения W_0 на k и на s получится конечное распределение ветровой нагрузки:

$$0,2 \times 1,25 \times 60 = 15 \text{ кг/м}^2$$

$$0,8 \times 1,25 \times 60 = 60 \text{ кг/м}^2$$

$$-0,1 \times 1,25 \times 60 = -7,5 \text{ кг/м}^2$$

$$-0,8 \times 1,25 \times 60 = -60 \text{ кг/м}^2$$

$$-0,5 \times 1,25 \times 60 = -37,5 \text{ кг/м}^2$$

$$-0,4 \times 1,25 \times 60 = -30 \text{ кг/м}^2$$

Знак «-» показывает, что нагрузка будет направлена от здания.

Расчеты показали, что максимальная нагрузка оказываемая на здание равна 60 кг/м^2 , а максимальная нагрузка от здания 75 кг/м^2 .

Для расчета толщины стекла удобно пользоваться таблицей:

Размер поля остекления по высоте, мм	W, Па	Размер поля остекления по ширине, мм		
		До 700	Св. 700 до 1000	Св. 1000 до 1150
До 1000	≥1000	4	5	5
	800-999	4	4	5
	600-799	3	4	4
	400-599	3	3	4
	200-399	3	3	3
Св. 1000 до 1300	≥1000	5	5	5
	800-999	4	5	5
	600-799	4	4	5
	400-599	3	3	4
	200-399	3	3	4
Св. 1300 до 1600	≥1000	5	6	6
	800-999	5	5	6
	600-799	4	5	5
	400-599	4	4	5
	200-399	3	4	4
Св. 1600 до 1800	≥1000	6	6	6
	800-999	5	6	6
	600-799	5	5	6
	400-599	4	5	5
	200-399	4	4	5

Максимальная нагрузка на здание $75 \text{ кг/м}^2 = 735,5 \text{ Па}$, следовательно толщина стекла, с учетом его размеров (1700x1100мм), должна быть не меньше 6 мм.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что влияние ветровых нагрузок на строительные сооружения велико. Поэтому, каждый проектировщик обязан произвести расчет ветрового воздействия, чтобы избежать сильных колебаний и разрушений зданий.

Список литературы:

1. Леденев В. В Высотные здания: учеб.пособие / В.В. Леденев; Тамбовск. гос. техн. ун-т. – Тамбов, 2014. – 277 с.
2. Симиу Э., Сканлан Р. Воздействие ветра на здания и сооружения. М., 1984.
3. [электронный ресурс] ГОСТ Р 56728-2015 Здания и сооружения. Методика определения

ветровых нагрузок на ограждающие конструкции URL:

https://allgosts.ru/91/080/gost_r_56728-2015

4. [электронный ресурс] Расчет ветровой нагрузки по формуле.
Источник URL: <https://homehill.ru/krovlya/stropil/raschet-vetrovoj-nagruzki.html>
5. [электронный ресурс] Оконный Континент. Описание продукта. URL:
<http://product.okonti.ru/Newtopic342.html>
6. [электронный ресурс] Строительныйсайт.URL:<https://prostobuild.ru/osaite.html>.