

Постоянные, временные и особые нагрузки

Постоянные

- Вес несущих и ограждающих конструкций;
- Вес и давление грунтов;
- Усилия от предварительного напряжения.

Нагрузки и
воздействия

Особые (аварийные)

Кратковременные

- Нагрузки от людей и оборудования с **полным** значением;
- Снеговая нагрузка с **полным** значением;
- Ветровая нагрузка;
- Гололёдная нагрузка.

Длительные

- Вес стационарного оборудования;
- Давление газов, жидкостей и сыпучих тел;
- Вес складированных материалов;
- Нагрузки от людей и оборудования с **пониженным** значением;
- Снеговая нагрузка с **пониженным** значением.

по СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и
воздействия (п. 1.4...1.9)

СП 20.13330.2016
НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ

Сочетания нагрузок

Расчет конструкций и оснований по предельным состояниям 1-й и 2-й групп следует выполнять с учетом неблагоприятных сочетаний нагрузок или соответствующих им усилий.

Эти сочетания устанавливаются из анализа реальных вариантов одновременного действия различных нагрузок для рассматриваемой стадии работы конструкции или основания.

В зависимости от учитываемого состава нагрузок следует различать:

а) основные сочетания нагрузок, состоящие из постоянных, длительных и кратковременных

$$S_m = P_d + (\psi_{11} P_{11} + \psi_{12} P_{12} + \psi_{13} P_{13} + \dots) + (\psi_{t1} P_{t1} + \psi_{t2} P_{t2} + \psi_{t3} P_{t3} + \dots);$$

б) особые сочетания нагрузок, состоящие из постоянных, длительных, кратковременных и одной из особых нагрузок.

$$S_s = S_m + P_3,$$

где S_m — нагрузка для основного сочетания;

S_s — нагрузка для особого сочетания;

ψ_i ($i= 1, 2, 3, \dots$) — коэффициенты сочетаний для длительных нагрузок;

ψ_t ($t= 1, 2, 3, \dots$) — коэффициенты сочетаний для кратковременных нагрузок.

Для основных и особых сочетаний нагрузок, за исключением случаев, оговоренных в нормах проектирования сооружений в сейсмических районах и в нормах проектирования конструкций и оснований, коэффициент сочетаний длительных нагрузок ψ определяется следующим образом:

$$\psi_{11} = 1,0; \psi_{12} = \psi_{13} = \dots = 0,95,$$

где ψ_{11} — коэффициент сочетаний, соответствующий основной по степени влияния длительной нагрузке;

ψ_{12}, ψ_{13} — коэффициенты сочетаний для остальных длительных нагрузок.

Для основных сочетаний необходимо использовать следующие значения коэффициентов сочетаний кратковременных нагрузок

$$\psi_{t1} = 1,0; \psi_{t2} = 0,9; \psi_{t3} = \psi_{t4} = \dots = 0,7,$$

где ψ_{t1} — коэффициент сочетаний, соответствующий основной по степени влияния кратковременной нагрузке;

ψ_{t2} — коэффициент сочетаний, соответствующий второй кратковременной нагрузке;

ψ_{t3}, ψ_{t4} — коэффициенты сочетаний для остальных кратковременных нагрузок.

Для крановых нагрузок коэффициенты сочетаний устанавливаются в соответствии с 9.18 СП 20.13330.2016.

Для особых сочетаний нагрузок коэффициенты сочетаний для всех кратковременных нагрузок принимаются равными 0,8, за исключением случаев, оговоренных в нормах проектирования сооружений в сейсмических районах и в нормах проектирования конструкций и оснований.

При этом коэффициент надежности по нагрузке γ_f для всех кратковременных нагрузок принимается равным 0,5.

7 Вес конструкций и грунтов

Таблица 7.1

Конструкции сооружений и вид грунтов	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f
Конструкции	
Металлические, за исключением случаев, указанных в 7.3	1,05
Бетонные (со средней плотностью свыше 1600 кг/м ³), железобетонные, каменные, армокаменные, деревянные	1,1
Бетонные (со средней плотностью 1600 кг/м ³ и менее), изоляционные, выравнивающие и отделочные слои (плиты, материалы в рулонах, засыпки, стяжки и т.п.), выполняемые:	
в заводских условиях	1,2
на строительной площадке	1,3
Грунты	
В природном залегании	1,1
На строительной площадке	1,15
<p>Примечание – При определении нагрузок от грунта следует учитывать нагрузки от складированных материалов, оборудования и транспортных средств, передаваемые на грунт.</p>	

8 Нагрузки от оборудования, людей, животных, складироваемых материалов и изделий, транспортных средств

Таблица 8.1

Здания и помещения	Нормативные значения равномерно распределенных нагрузок P_i , кПа	Нормативные значения сосредоточенных нагрузок Q_i , кН
Торговые склады	Не менее 5,0	Не менее 6,0
Производственные и промышленные складские помещения	По заданию на проектирование, но не менее, кПа: 3 – для плит и второстепенных балок; 2 – для ригелей, колонн и фундаментов	По заданию на проектирование, но не менее 3,0

8.1.4 Коэффициент надежности по нагрузке γ_f для веса оборудования и материалов приведен в таблице 8.2.

Таблица 8.2

Оборудование и материалы	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f
Стационарное оборудование	1,05
Изоляция стационарного оборудования	1,2
Заполнители оборудования (в том числе резервуаров и трубопроводов):	
жидкости	1,0
суспензии, шламы, сыпучие тела	1,1
Погрузчики и электрокары (с грузом)	1,2
Складироваемые материалы и изделия	1,2

8.2 Равномерно распределенные нагрузки

Таблица 8.3

№ пп.	Помещения зданий и сооружений	Нормативные значения равномерно распределенных нагрузок P_l , кПа, не менее
1	Квартиры жилых зданий; спальня помещения детских дошкольных учреждений и школ-интернатов; жилые помещения домов отдыха и пансионатов, общежитий и гостиниц; палаты больниц и санаториев; террасы	1,5
2	Служебные помещения административного, инженерно-технического, научного персонала организаций и учреждений; офисы, классные помещения учреждений просвещения; бытовые помещения (гардеробные, душевые, умывальные, уборные) промышленных предприятий и общественных зданий и сооружений	2,0
3	Кабинеты и лаборатории учреждений здравоохранения, лаборатории учреждений просвещения, науки; помещения электронно-вычислительных машин; кухни общественных зданий; помещения учреждений бытового обслуживания населения (парикмахерские, ателье и т.п.); технические этажи жилых и общественных зданий высотой менее 75 м; подвальные помещения	2,0
4	Залы: а) читальные б) обеденные (в кафе, ресторанах, столовых и т.п.) в) собраний и совещаний, ожидания, зрительные и концертные, спортивные, фитнес-центры, бильярдные г) торговые, выставочные и экспозиционные	2,0 3,0 4,0 4,0

5	Книгохранилища; архивы	5,0
6	Сцены зрелищных предприятий	5,0
7	Трибуны: а) с закрепленными сиденьями б) для стоящих зрителей	4,0 5,0
8	Чердачные помещения	0,7
9	Покрытия на участках: а) с возможным скоплением людей (выходящих из производственных помещений, залов, аудиторий и т.п.) б) используемых для отдыха в) прочих	4,0 1,5 0,7
10	Балконы (лоджии) с учетом нагрузки: а) полосовой равномерной на участке шириной 0,8 м вдоль ограждения балкона (лоджии) б) сплошной равномерной на площади балкона (лоджии), воздействие которой не благоприятнее, чем определяемое по 10,а	4,0 2,0
11	Участки обслуживания и ремонта оборудования в производственных помещениях	1,5
12	Вестибюли, фойе, коридоры, лестницы (с относящимися к ним проходами), примыкающие к помещениям, указанным в позициях: а) 1, 2 и 3 б) 4, 5, 6 и 11 в) 7	3,0 4,0 5,0
13	Перроны вокзалов	4,0
14	Помещения для скота: а) мелкого б) крупного	2,0 5,0

Коэффициенты надежности по нагрузке γ для равномерно распределенных нагрузок следует принимать:

1,3 - при полном нормативном значении менее 2,0 кПа;

1,2 - при полном нормативном значении 2,0 кПа и более.

Пониженные нормативные значения равномерно распределенных кратковременных нагрузок, указанных в позициях 1-4, 6, 7, 9,а,б, 10, 12-44 таблицы 8.3 определяются умножением их нормативных значений на коэффициент 0,35.

Для нагрузок, указанных в позициях 5, 8, 9, в и 11, пониженные значения устанавливаются равными их нормативным значениям.

Пониженные нормативные значения равномерно распределенных кратковременных нагрузок, указанных в позициях 1-4, 6, 7, 9,а,б, 10, 12-44 таблицы 8.3 определяются умножением их нормативных значений на коэффициент 0,35.

Для нагрузок, указанных в позициях 5, 8, 9, в и 11, пониженные значения устанавливаются равными их нормативным значениям.

При расчете балок, ригелей, плит, стен, колонн и фундаментов, воспринимающих нагрузки от одного перекрытия, нормативные значения нагрузок, указанные в

таблице 8.3, допускается снижать в зависимости от грузовой площади A , м^2 , с которой передаются нагрузки на рассчитываемый элемент, умножением на коэффициент φ_1 или φ_2 , равный:

а) для помещений, указанных в позициях 1, 2, 12, а (при $A > A_1 = 9 \text{ м}^2$)

$$\varphi_1 = 0,4 + \frac{0,6}{\sqrt{A/A_1}}; \quad (8.1)$$

б) для помещений, указанных в позициях 4, 11, 12, б (при $A > A_2 = 36 \text{ м}^2$)

$$\varphi_2 = 0,5 + \frac{0,5}{\sqrt{A/A_2}}. \quad (8.2)$$

8.2.5 При определении усилий для расчета колонн, стен и фундаментов, воспринимающих нагрузки от двух перекрытий и более, полные нормативные значения нагрузок, указанные в позициях 1, 2, 4, 11, 12, а и 12, б таблицы 8.3, допускается снижать умножением на коэффициенты сочетания φ_3 или φ_4 :

а) для помещений, указанных в позициях 1, 2, 12, а

$$\varphi_3 = 0,4 + \frac{\varphi_1 - 0,4}{\sqrt{n}}; \quad (8.3)$$

б) для помещений, указанных в позициях 4, 11, 12, б

$$\varphi_4 = 0,5 + \frac{\varphi_2 - 0,5}{\sqrt{n}}, \quad (8.4)$$

где φ_1 , φ_2 – определяются в соответствии с 8.2.4;

n – общее число перекрытий, нагрузки от которых учитываются при расчете рассматриваемого сечения колонны, стены, фундамента.

10 Снеговые нагрузки

10.1 Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия следует определять по формуле

$$S_0 = c_e c_t \mu S_g, \quad (10.1)$$

где c_e – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов, принимаемый в соответствии с 10.5–10.9;

c_t – термический коэффициент, принимаемый в соответствии с 10.10;

μ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с 10.4;

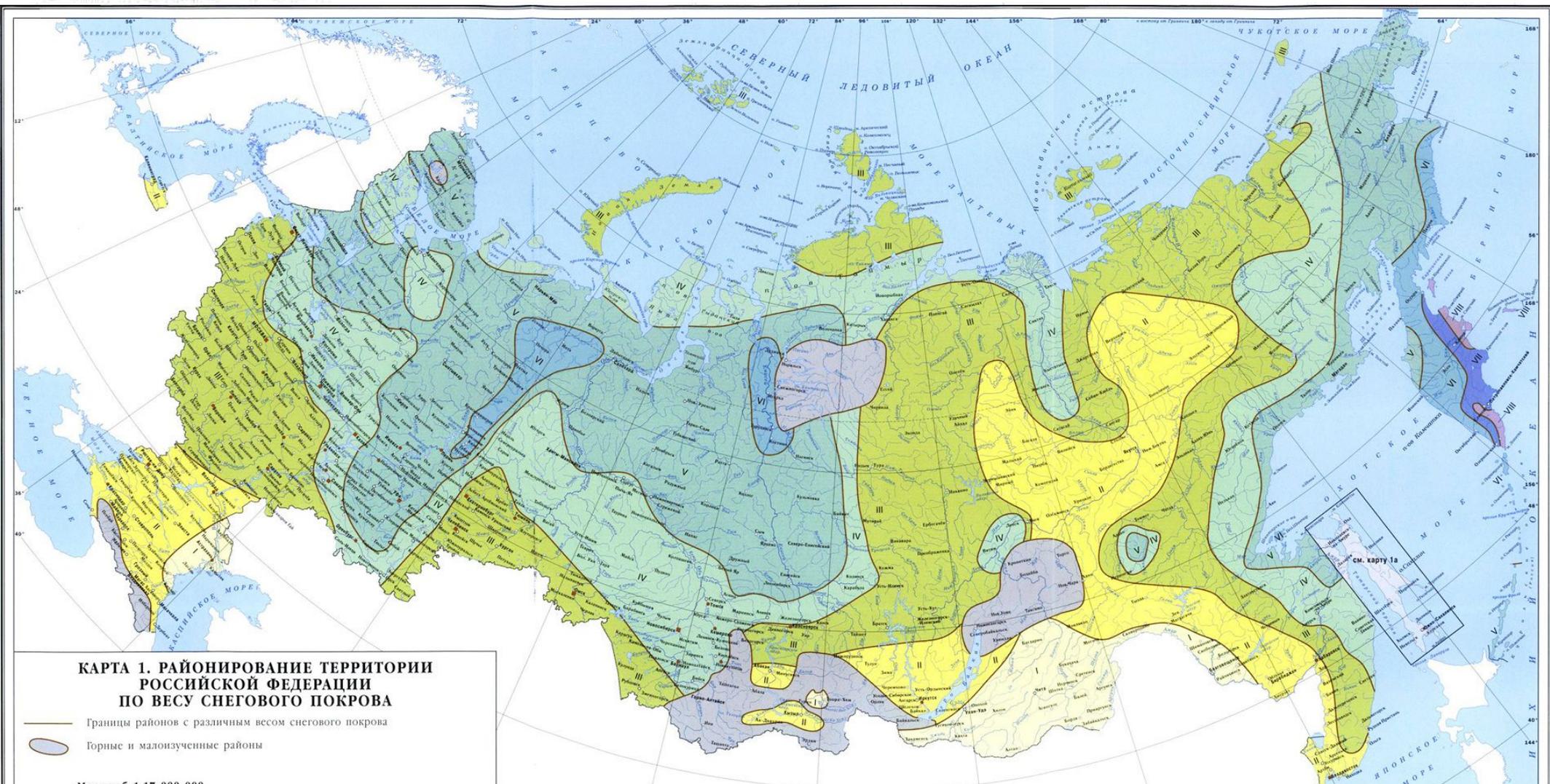
S_g – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности земли, принимаемое в соответствии с 10.2.

10.2 Нормативное значение веса снегового покрова S_g на 1 м² горизонтальной поверхности земли принимается в зависимости от снегового района для территории Российской Федерации по данным таблицы 10.1.

Т а б л и ц а 1 0 . 1

Снеговые районы (принимаются по карте 1 приложения Е)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
S_g , кПа	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0

Таблица 10.1



1 0.4 Схемы распределения снеговой нагрузки и значения коэффициента μ для по крытий следует принимать в соответствии с приложением Б.

Схемы снеговых нагрузок и коэффициенты μ

Б.1 Здания с односкатными и двускатными покрытиями

а) Для зданий с односкатными и двускатными покрытиями (рисунок Б.1) коэффициент μ определяется по таблице Б.1. Промежуточные значения определяются линейной интерполяцией.

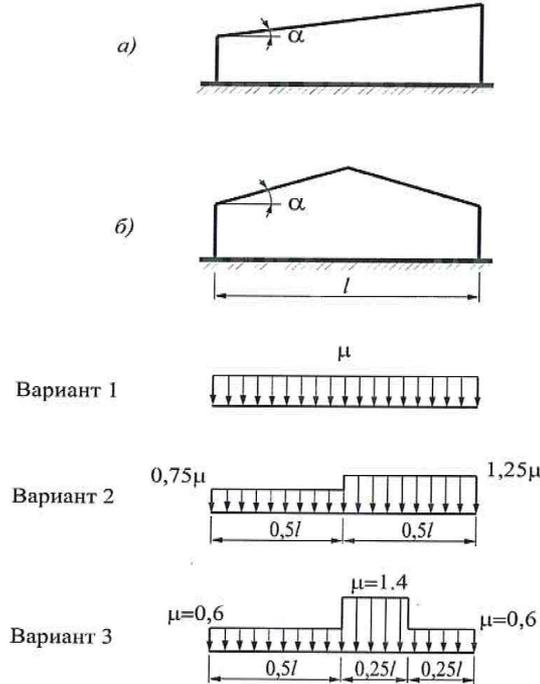


Рисунок Б.1

Таблица Б.1

Уклон покрытия α , град.	μ
$\alpha \leq 30^\circ$	1
$\alpha \geq 60^\circ$	0

Б.2 Здания со сводчатыми и близкими к ним по очертанию покрытиями

Здания со сводчатыми и близкими к ним по очертанию покрытиями

Для зданий со сводчатыми и близкими к ним по очертанию покрытиями (рисунок Б.2) следует принимать

$$\mu_1 = \cos(1,5\alpha); \mu_2 = 2 \sin(3\alpha), \quad (\text{Б } 1)$$

где α – уклон покрытия, град; при этом значения μ_1 вычисляются в каждой точке покрытия; значения μ_2 – в точках с уклоном $\alpha=30^\circ, 60^\circ$ и в крайнем сечении покрытия (точки А, В и С на рисунке Б.2). Промежуточные значения μ_2 определяются линейной интерполяцией. При $\alpha \geq 60^\circ$ $\mu_1=0$ и $\mu_2=0$.

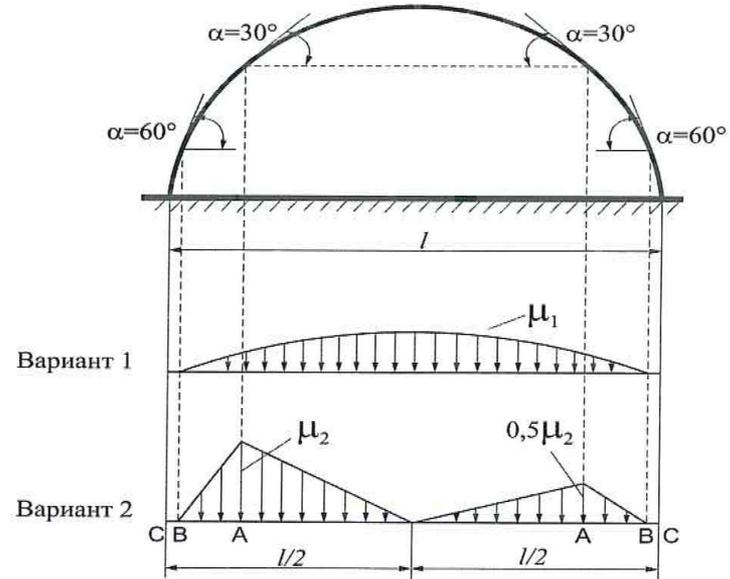


Рисунок Б.2

Б.4 Шедовые покрытия

Схемы рисунка Б.7 следует применять для шедовых покрытий, наклонным остеклением и сводчатым очертанием кровли.

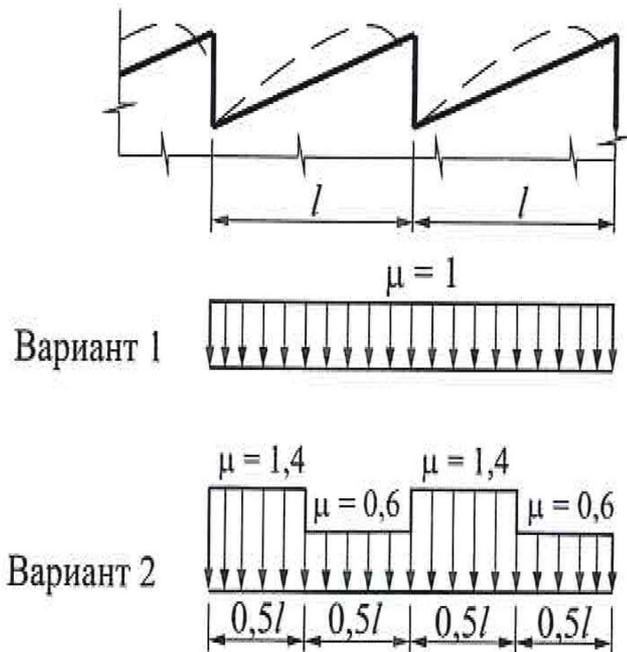


Рисунок Б.7

Б.13 Покрытие с парапетами

а) Снеговую нагрузку на покрытие возле парапетов следует принимать по схеме, приведенной на рисунке Б.16.

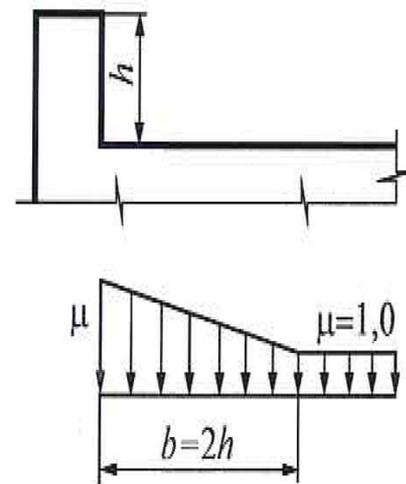


Рисунок Б.16

11 Воздействия ветра

Для зданий и сооружений необходимо учитывать следующие воздействия ветра:

а) основной тип ветровой нагрузки (в дальнейшем - «основная ветровая нагрузка», см. раздел 11.1.);

б) пиковые значения ветровой нагрузки, действующие на конструктивные элементы ограждения и элементы их крепления (в дальнейшем - «пиковая ветровая нагрузка», см. раздел 11.2);

в) резонансное вихревое возбуждение (см. раздел 11.3 и приложение В.2.); г) аэродинамически неустойчивые колебания типа галопирования, (неустойчивые поперечные колебания) дивергенции (неустойчивые колебания, зависящие от жесткости зданий на кручение и аэродинамических коэффициентов момента сил) и флаттера (Флаттер - это самовозбуждающиеся незатухающие колебания частей конструкции, происходящие под действием аэродинамических сил, которые возникают при колебаниях и исчезают в отсутствии колебаний. Поэтому это явление называют самовозбуждающимися колебаниями, или автоколебаниями.)

Основной тип ветровой нагрузки и пиковые ветровые нагрузки связаны с непосредственным действием на здания и сооружения максимальных для места строительства ураганных ветров и должны учитываться при проектировании всех сооружений.

Резонансное вихревое возбуждение и аэродинамические неустойчивые колебания необходимо учитывать для зданий и сплошностенчатых сооружений, у которых $\lambda v > 20$, где λv определено в В. 1.15. Критерии возможности возбуждения аэродинамически неустойчивых колебаний устанавливаются в нормах проектирования строительных конструкций. При проектировании сооружений должны использоваться такие конструктивные решения, которые исключают возбуждение аэродинамически неустойчивых колебаний.

Коэффициент надежности по нагрузке для основной и пиковой ветровых нагрузок следует принимать равным 1,4; при расчете на резонансное вихревое возбуждение коэффициент надежности по нагрузке принимается равным 1,0.

11.1 Основная ветровая нагрузка

11.1.1 Нормативное значение основной ветровой нагрузки w следует задавать в одном из двух вариантов.

В первом случае нагрузка w представляет собой совокупность:

- а) нормального давления w_e приложенного к внешней поверхности сооружения или элемента;
- б) сил трения w_f направленных по касательной к внешней поверхности и отнесенных к площади ее горизонтальной (для шедовых или волнистых покрытий, покрытий с фонарями) или вертикальной проекции (для стен с лоджиями и подобных конструкций);
- в) нормального давления w_i , приложенного к внутренним поверхностям сооружений с проницаемыми ограждениями, открывающимися или постоянно открытыми проемами.

Во втором случае нагрузка w рассматривается как совокупность:

- а) проекций w_x и w_y , внешних сил, обусловленных общим сопротивлением сооружения в направлении осей x и y ;
- б) крутящего момента w_M относительно оси z .

11.1.2 Во всех случаях нормативное значение основной ветровой нагрузки w следует определять как сумму средней w_m и пульсационной w_p составляющих

$$w = w_m + w_p. \quad (11.1)$$

При определении внутреннего давления w_p пульсационную составляющую ветровой нагрузки допускается не учитывать.

Нормативное значение средней составляющей основной ветровой нагрузки w_m в зависимости от эквивалентной высоты z_e над поверхностью земли следует определять по формуле

$$w_m = w_0 k(z_e) c,$$

где w_0 - нормативное значение ветрового давления (см. 11.1.4);

$k(z_e)$ - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты z_e (см. 11.1.5 и 11.1.6);

c - аэродинамический коэффициент (см. 11.1.7).

Нормативное значение ветрового давления w_0 принимается в зависимости от ветрового района по таблице 11.1.

Таблица 11.1

Ветровые районы (принимаются по карте 2 приложения Е)	Ia	I	II	III	IV	V	VI	VII
w_0 , кПа	0,17	0,23	0,30	0,38	0,48	0,60	0,73	0,85

Эквивалентная высота z_e определяется следующим образом.

1 Для башенных сооружений, мачт, труб, решетчатых конструкций и т.п. сооружений $z_e = z$.

2 Для зданий:

а) при $h \leq d \rightarrow z_e = h$;

б) при $d < h < 2d$:

-для $z > h - d \rightarrow z_e = h$;

-для $Q < z < h - d \rightarrow z_e = d$;

в) при $h > 2d$:

-для $z > h - d \rightarrow z_e = h$;

-для $d < z < h - d \rightarrow z_e = z$;

-для $0 < z < d \rightarrow z_e = d$.

Здесь:

z - высота от поверхности земли;

d - размер здания (без учета его стилобатной части) в направлении, перпендикулярном расчетному направлению ветра (поперечный размер);

h - высота здания.

11.1.6 Коэффициент $k(z_e)$ для высот $z_e \leq 300$ м определяется по таблице 11.2 или по формуле (11.4), в которых принимаются следующие типы местности:

А - открытые побережья морей, озер и водохранилищ, сельские местности, в том числе с постройками высотой менее 10 м, пустыни, степи, лесостепи, тундра;

В - городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м;

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

Сооружение считается расположенным в местности данного типа, если эта местность сохраняется с наветренной стороны сооружения на расстоянии $30h$ - при высоте сооружения $h < 60$ м и на расстоянии 2 км - при $h > 60$ м.

Таблица 11.2

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

11.1.8 Нормативное значение пульсационной составляющей основной ветровой нагрузки w_p на эквивалентной высоте z_e следует определять следующим образом:

а) для сооружений (и их конструктивных элементов), у которых первая частота собственных колебаний f_1 , Гц, больше предельного значения собственной частоты f_{lim} (см. 11.1.10), - по формуле

$$w_p = w_m \zeta(z_e) v$$

где w_m - определяется в соответствии с 11.1.3;

$\zeta(z_e)$ - коэффициент пульсации давления ветра, принимаемый по таблице 11.4 или формуле (11.6) для эквивалентной высоты z_e (см. 11.1.5);

v - коэффициент пространственной корреляции пульсаций давления ветра (см. 11.1.11).

Таблица 11.4

Высота z_e , м	Коэффициент пульсаций давления ветра ζ для типов местности		
	А	В	С
≤ 5	0,85	1,22	1,78
10	0,76	1,06	1,78
20	0,69	0,92	1,50
40	0,62	0,80	1,26
60	0,58	0,74	1,14
80	0,56	0,70	1,06
100	0,54	0,67	1,00
150	0,51	0,62	0,90
200	0,49	0,58	0,84
250	0,47	0,56	0,80
300	0,46	0,54	0,76

