

Изменение № 2 к СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия»

Утверждено и введено в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России)

от _____ 2018 г. № ____/пр

Дата введения 2018-__-__

8.4 Нагрузки от транспортных средств

Пункт 8.4.3 записать в виде:

«8.4.3 Допускается уточнять расчетные значения нагрузок в соответствии с техническими данными транспортных средств. При этом эквивалентные равномерно распределенные и сосредоточенные нагрузки на перекрытия, покрытия и полы на грунтах следует устанавливать для заданной схемы размещения автотранспортных средств на основе выполнения статических расчетов зданий, с учетом коэффициента надежности по нагрузке $\gamma_f = 1,3$ и коэффициента динамичности, принимаемого не менее 1,4».

10 Снеговые нагрузки

Пункт 10.1 вместо текста:

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

записать текст:

« μ – коэффициент формы, учитывающий переход от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с 10.4;»

Пункт 10.2 записать в новой редакции:

«10.2 Нормативное значение веса снегового покрова S_g на 1 м² горизонтальной поверхности земли для отдельных населенных пунктов Российской Федерации принимается в соответствии с Приложением К.

Для остальной территории Российской Федерации нормативное значение веса снегового покрова S_g на 1 м² горизонтальной поверхности земли допускается принимать в зависимости от снегового района по данным таблицы 10.1.

Т а б л и ц а 10.1

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

Указанное значение допускается уточнять в установленном порядке на основе данных организаций по гидрометеорологии для места строительства. В этом случае значение S_g следу-

ет вычислять по формуле $S_g = S_{g,50}/1,4$, где $S_{g,50}$ – превышаемый в среднем один раз в 50 лет ежегодный максимум веса снегового покрова, определяемый на основе данных многолетних маршрутных снегосъемок о запасах воды в снеговом покрове на защищенных от прямого воздействия ветра участках местности.

Для пунктов, расположенных в горных и малоизученных районах, обозначенных на карте 1 приложения Е, в местах со сложным изменением рельефа и (или) высоты и в других подобных случаях, нормативное значение веса снегового покрова необходимо корректировать на основе данных организаций по гидрометеорологии или определять по формуле, приведенной в примечании к карте 1 приложения Е, с учетом высотного коэффициента, принимаемого по таблице Е.1».

Пункт 10.4. Первое предложение записать в виде:

«10.4 Схемы распределения снеговой нагрузки и значения коэффициента формы μ для покрытий следует принимать в соответствии с приложением Б».

Пункт 10.4. Второе предложение записать в виде:

«Для зданий и сооружений, имеющих габаритные размеры покрытия, превышающие 100 м в обоих направлениях, за исключением плоских покрытий однопролетных и многопролетных зданий (см. схемы Б.1 и Б.5 приложения Б), а также во всех случаях, не предусмотренных приложением Б (при иных формах покрытий, при необходимости учета различных направлений переноса снега по покрытию, близко расположенных зданий и сооружений окружающей застройки и т.п. случаях), схемы распределения снеговой нагрузки по покрытиям и значения коэффициента μ необходимо устанавливать в рекомендациях, разработанных в рамках научно-технического сопровождения проектирования на основе результатов модельных испытаний в аэродинамических трубах (см. приложения Ж и И) или с учетом имеющихся данных.»

После 2-го абзаца добавить текст:

Значения коэффициента формы μ необходимо устанавливать с учетом наиболее неблагоприятных направлений снегопереноса, преобладающих скоростей ветра при снегопадах и метелях, средней температуры воздуха в зимний период, влажности, закономерностей изменения плотности и структуры снегоотложений во времени для места строительства».

Пункт 10.7. записать в следующей редакции:

«10.7 Для пологих (с уклонами до 12 % или с $f/l \leq 0,05$) покрытий однопролетных и многопролетных зданий, проектируемых на местности типов А или В и имеющих характерный размер в плане l_c не более 100 м (см. схемы Б.1, Б.2, Б.5 и Б.6 приложения Б), а также для покрытий высотных зданий допускается учитывать коэффициент сноса снега, принимаемый по формуле (10.2), но не менее 0,5:

$$c_e = (1,4 - 0,4\sqrt{k})(0,8 + 0,002l_c), \quad (10.2)$$

где k – принимается по таблице 11.2 для типов местности А или В (см. 11.1.6);

$l_c = 2b - \frac{b^2}{l}$ – характерный размер покрытия, принимаемый не более 100 м;

b – наименьший размер покрытия в плане;

l – наибольший размер покрытия в плане».

Пункт 10.11 дополнить фразой:

«Пониженное нормативное значение следует учитывать для покрытий или их участков, оборудованных системами снеготаяния, при учете кратковременного действия снеговой

нагрузки на временные сооружения и в других случаях, установленных в нормах проектирования строительных конструкций».

Добавить новый пункт 10.13:

10.13 Необходимо учитывать горизонтальные нагрузки от сползания снега, действующие на нижележащие конструкции покрытия, выступающие над кровлей элементы ограждающих конструкций, фасадных систем и снегозадерживающие устройства.

11 Воздействия ветра

Пункт 11.1.2. Первый абзац и формулу 11.1 записать в следующей редакции:

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

$$w = w_m + w_g. \quad (11.1)»$$

Пункт 11.1.6. Добавить примечание 3:

«3 Для высот $z_e \leq 5$ м коэффициент $k(z_e)$, а так же коэффициент $\zeta(z_e)$ пульсации давления ветра (см. 11.1.8) определяется по табл. 11.2 и 11.4, соответственно.»

Пункт 11.1.6. Формулу 11.4 записать в следующей редакции:

$$k(z_e) = k_{10}(z_e/10)^{2\alpha} \text{ при } z_e > 5 \text{ м} \quad (11.4)$$

Пункт 11.1.7 3-й абзац изложить в следующей редакции.

«Для сооружений повышенного уровня ответственности, которые указаны в [1, статья 48.1, часть 2] или в примечании 2, а также во всех случаях, не предусмотренных В.1 приложения В (иные формы сооружений, учет при надлежащем обосновании других направлений ветрового потока или составляющих общего сопротивления тела по другим направлениям, необходимость учета влияния близстоящих зданий и сооружений и аналогичные случаи), аэродинамические коэффициенты необходимо устанавливать в рекомендациях, разработанных в рамках научно-технического сопровождения проектирования на основе результатов модельных испытаний в аэродинамических трубах (см. приложения Ж и И) или с учетом имеющихся данных».

Пункт 11.1.7. Добавить примечание 4

«4. Для зданий и сплошностенчатых сооружений аэродинамические коэффициенты полного давления c_p определяются как алгебраическая сумма коэффициентов внешнего c_e и внутреннего c_i давлений»

Пункт 11.1.8 Первый абзац записать в следующей редакции:

«Нормативное значение пульсационной составляющей основной ветровой нагрузки w_g на эквивалентной высоте z_e следует определять следующим образом:»

Пункт 11.1.8а Формулу 11.5 записать в следующей редакции:

$$w_g = w_m \zeta(z_e) v, \quad (11.5)$$

Пункт 11.1.8. Формулу 11.6 записать в следующей редакции:

$$\zeta(z_e) = \zeta_{10}(z_e/10)^{-\alpha} \text{ при } z_e > 5 \text{ м} \quad (11.6)$$

Пункт 11.1.8б. Формулу 11.7 записать в следующей редакции:

$$w_g = w_m \xi \zeta(z_e) v, \quad (11.7)$$

Пункт 11.1.11. Таблицу 11.7 записать в следующей редакции:

Т а б л и ц а 11.7

Основная координатная плоскость, параллельно которой расположена расчетная поверхность	ρ	χ
zoy	b	h
zox	$0,4a$	h
xoy	b	a

Пункт 11.2. Последний абзац изложить в новой редакции:

Аэродинамические коэффициенты $c_{p,+}$ и $c_{p,-}$ для навесных фасадных систем и свето-прозрачных конструкций фасадов и покрытий определяются на основе результатов модельных испытаний сооружений в аэродинамических трубах (см. приложения Ж и И). Для остальных типов ограждающих конструкций пиковые значения аэродинамических коэффициентов допускается определять с учетом опубликованных данных. Для отдельно стоящих прямоугольных в плане зданий значения этих коэффициентов приведены в В.1.17 приложения В.1.

Приложение Б

Изменить название приложения

«Схемы снеговых нагрузок и коэффициенты формы μ »

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

Второе предложение записать в виде:

«Для сводчатых поверхностей кругового очертания значения μ_2 вычисляются в точках с уклоном $\alpha=30^\circ$, 60° и в крайнем сечении покрытия (точки А, В и С на рисунке Б.2)».

В конце текста добавить абзац:

«Для сводчатых покрытий некругового очертания значения μ_2 вычисляются по формуле (Б 1) в каждой точке».

Б.5 Двух- и многопролетные здания с двускатными покрытиями

Первое предложение записать в виде:

«Для двух- и многопролетных зданий с двускатными покрытиями (рисунок Б.8) вариант 1 следует учитывать во всех случаях, вариант 2 - для двухпролетных зданий при $\alpha \geq 15^\circ$, вариант 3 – для многопролетных зданий при $\alpha \geq 15^\circ$. Для двух- и многопролетных зданий при $\alpha \geq 30^\circ$ следует учесть также схему варианта 2 на рис. Б.9.»

Рисунок Б.8 дополнить вариантом 3:

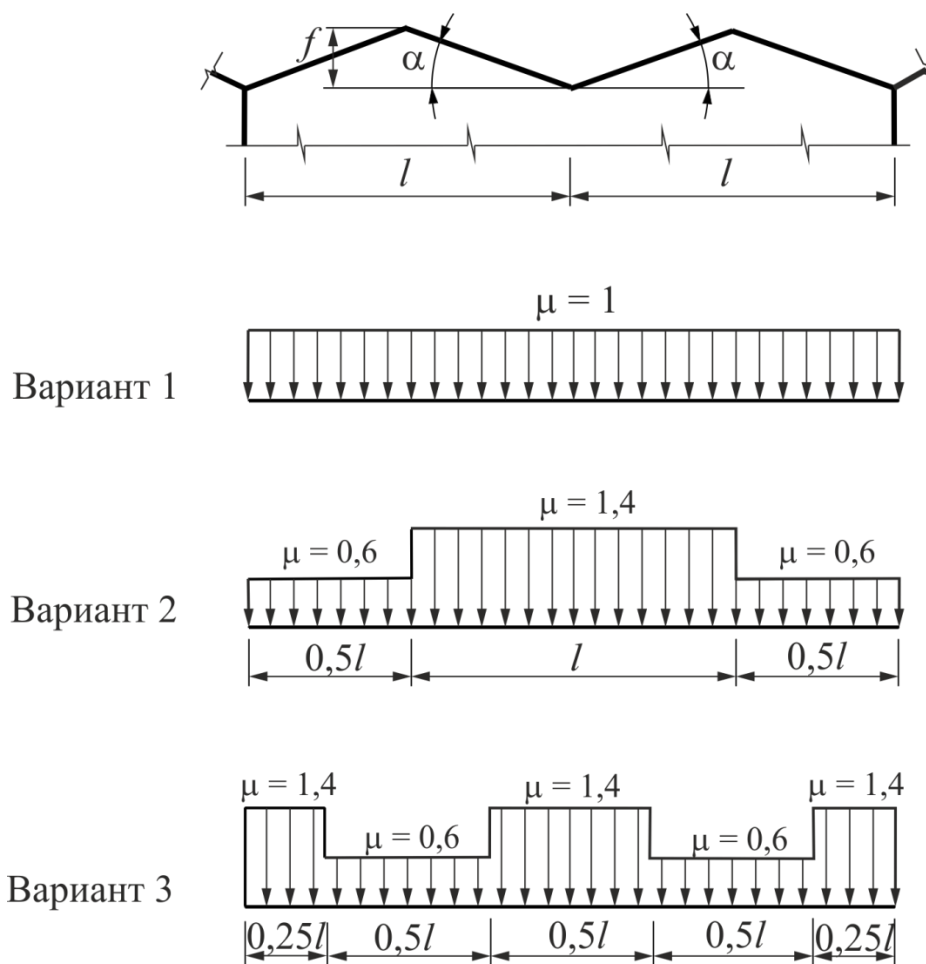


Рисунок Б.8

Б.8 Здания с перепадом высоты

Пункт б) в конце дополнить фразой:
 «Длину l'_2 участка переноса по нижнему покрытию, не имеющему парапетов, следует принимать не более утроенной его ширины».

Б.11 Здания с купольными круговыми и близкими к ним по очертанию покрытиями

В начале добавить нумерацию:

«а) Для зданий...»

После текста «Промежуточные значения определяются линейной интерполяцией» добавить фразу:

«При максимальном уклоне $\alpha < 30^\circ$ принимается $r_1 = d/2$ ».

Добавить пункты:

б) Для покрытий в виде сочетания двух сферических поверхностей различной кривизны на круглом плане следует учитывать снеговые нагрузки, как показано на рис. Б.15.

Для варианта 1 на участке А-В шириной l_1 $\mu_1 = \cos(1,5\alpha_1)$; на участке В-В шириной l_2 $\mu_1 = \cos(1,5\alpha_2)$. При $\alpha_1 \leq 7^\circ$ и $l_1 < d/8$ следует учитывать только вариант 1.

Для вариантов 2 и 3 коэффициент μ_2 вычисляется по схеме 2 на рис. Б.14. При этом r_1 принимается как показано на рис. Б.15. Коэффициент μ_3 вычисляется по схеме 2 на рис. Б.14 для центральной части покрытия при $r_1 = l_1/2$, а z отсчитывается от центра проекции сферы.

При $7^\circ < \alpha_2 \leq 15^\circ$ следует учитывать варианты 1 и 2; при $15^\circ < \alpha_2 \leq 30^\circ$ следует учитывать варианты 1 и 3. При $\alpha_2 > 30^\circ$ следует учитывать схемы Б.11,а, без учета изменения геометрии поверхности.

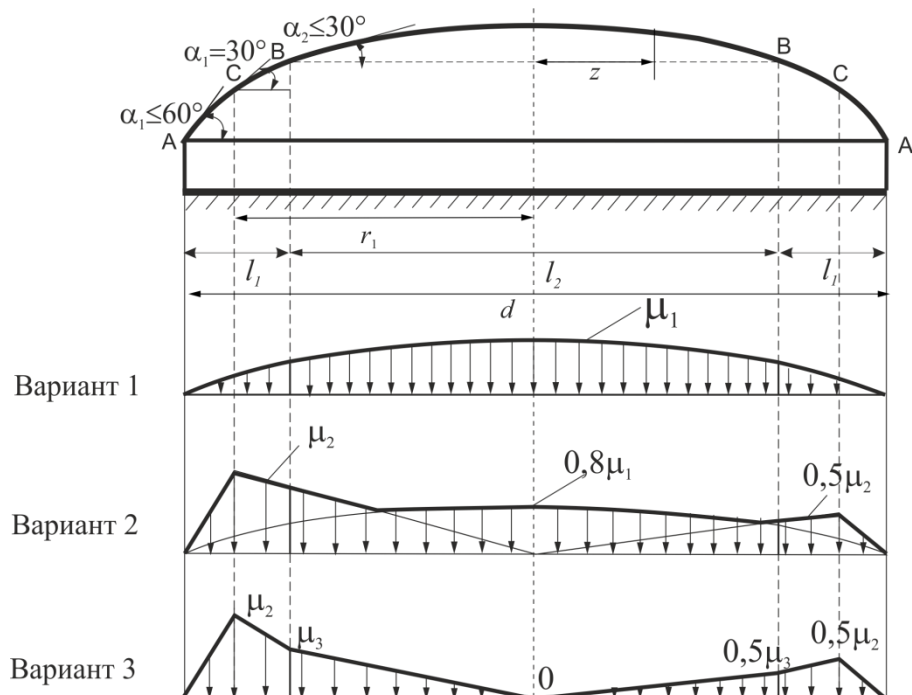


Рисунок Б.15

Б.12 Здания с коническими круговыми покрытиями

В пункте Б.12 добавить подпункты:

«а) Для зданий с коническими круговыми покрытиями (рисунок Б.16)...»

Добавить номер формулы:

$$\mu_2 = C_{r2} (z/r) \sin\beta; C_{r2} = 1,7(30^\circ/\alpha), \quad (\text{Б.13})$$

б) Для зданий с круговыми покрытиями в виде сочетания двух конических поверхностей различных уклонов (рисунок Б.17) коэффициент μ_1 для каждой из них определяется по таблице Б.3. Промежуточные значения определяются линейной интерполяцией.

Коэффициент μ_2 для варианта 2 (см. рис Б.17) определяется следующим образом:

- на участке 1 - по формулам (Б.12) или (Б.13) в зависимости от уклона α_1 при $z/r=1,0$;
- на участке 2 принимается постоянным и вычисляется по тем же формулам при $\beta=30^\circ$ и $z/r=1,0$;
- на участках 3 и 4 - по формулам (Б.12) или (Б.13) в зависимости от уклона α_2 ;
- на участке 5 принимается $\mu_2 = 1,1 \cdot \mu_1$.

Для пологих куполов при $\alpha_1 \leq 10^\circ$ и $\alpha_2 \leq 7^\circ$ следует учитывать только вариант 1.

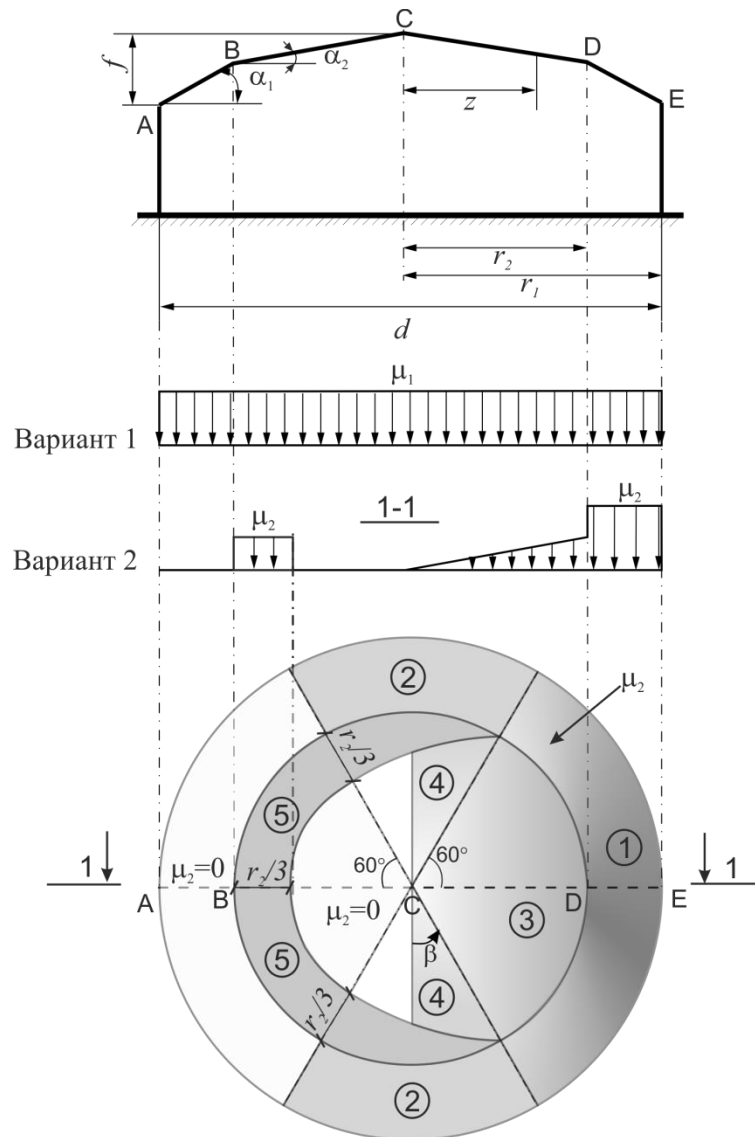


Рисунок Б.17

в) Для зданий с круговыми покрытиями в виде сочетания сферической и конической поверхностей (рисунок Б.18) коэффициент μ_1 определяется по таблице Б.3.

Коэффициент μ_2 для варианта 2 (см. рис Б.18) определяется следующим образом:

- на участке 1 - по формуле (Б.10) в зависимости от уклона α_1 при z , принимаемом как радиус круга, расположенный между Д и Е;
- на участке 2 - $0,5\mu_{2,\max}$, где $\mu_{2,\max}$ вычисляется по формуле (Б.10) при $\beta=90^\circ$;
- на участках 3 и 4 - по формулам (Б.12) или (Б.13) в зависимости от уклона α_2 ;
- на участке 5 $\mu_2 = 0,8\mu_1$ при $7^\circ < \alpha_1 \leq 15^\circ$; $0,5\mu_2$ при $15^\circ < \alpha_1 \leq 30^\circ$ и $\mu_2 = 0$ при $\alpha_1 > 30^\circ$;
- на участке 6 - $0,5\mu_2$, где μ_2 вычисляется по формуле (Б.10) в зависимости от уклона α_1 .

Для пологих куполов при $\alpha_1 \leq 10^\circ$ и $\alpha_2 \leq 7^\circ$ следует учитывать только вариант 1.

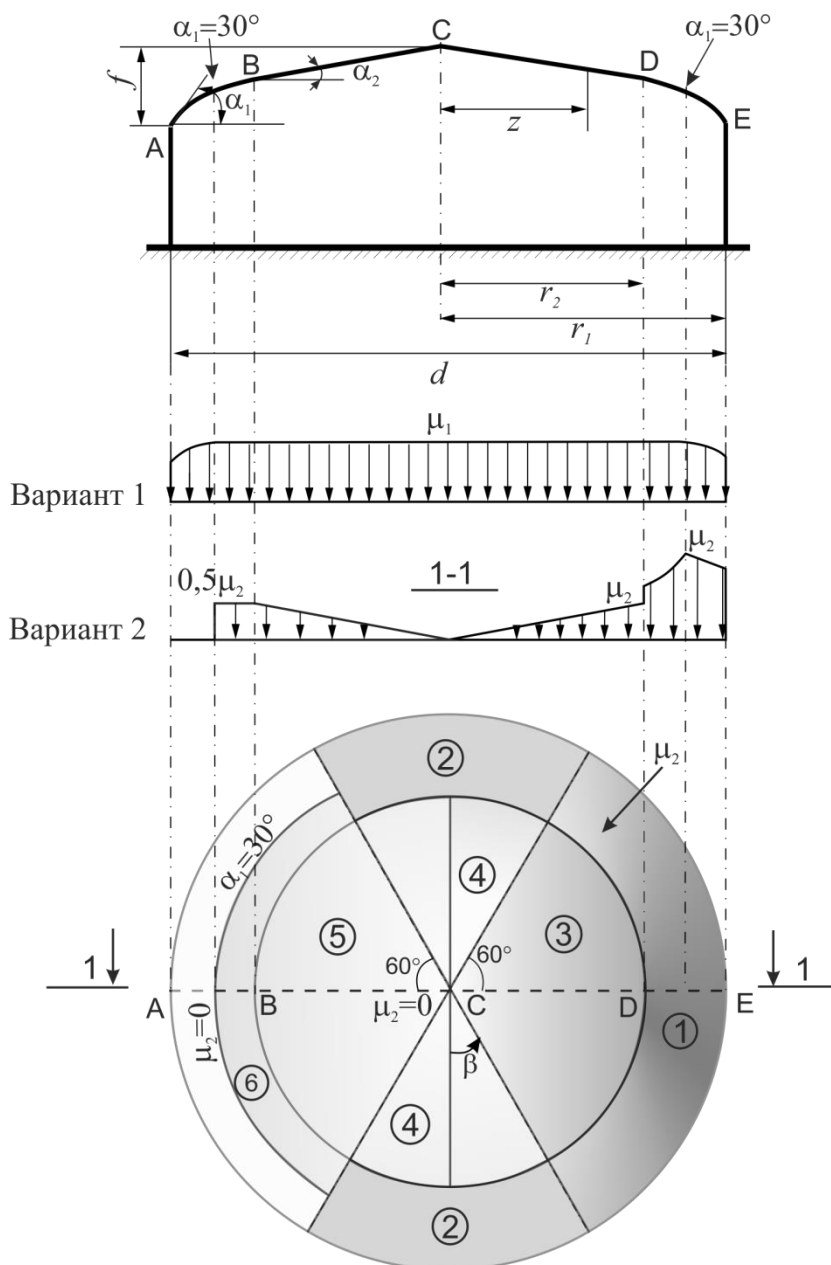


Рисунок Б.18

Для типов покрытий, рассматриваемых в пунктах б) и в), должно соблюдаться условие $\alpha_1 > \alpha_2$.

Б.13 Покрытие с парапетами

Заменить текст «приведенной на рис. Б.16» на текст «приведенной на рис. Б.19».

Заменить номер рисунка на «Рисунок Б.19»

Записать пункт в) в виде:

«в) Для плоских ($\alpha < 15^\circ$) и сводчатых ($\frac{f}{l} < 0,1$) покрытий при длине зоны переноса снега $l > 48$ м и высоте парапета более 1,2 м следует учитывать местную повышенную нагрузку, как у перепадов высоты (см. на рисунке Б.11) в том случае, если эта схема более неблагоприятна, чем на рисунке Б.19».

Б.14 Участки покрытий, примыкающие к возвышающимся над кровлей вентиляционным шахтам и другим надстройкам

Заменить текст: «Схема на рисунке Б.17» на текст «Схема на рисунке Б.20»

Заменить слова «Рисунок Б.17» на «Рисунок Б.20»

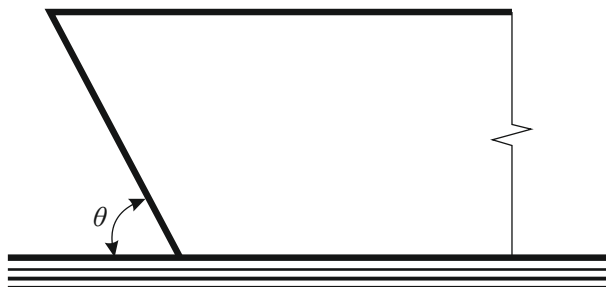
Приложение В

Ветровые нагрузки

Пункт В.1.2. После первого абзаца добавить текст:

«Для стен с отрицательным уклоном при $45^\circ < \theta < 90^\circ$ (см. рисунок В.3) аэродинамические коэффициенты определяются также как и для вертикальных стен.»

К рисунку В.3 добавить справа рисунок:



Пункт В.1.4. Заменить название пункта

«В.1.4 Круглые в плане сооружения с купольными и коническими покрытиями»

Пункт В.1.4. Записать пункт в следующей редакции:

«а) Для купольных покрытий значения коэффициентов c_e в точках A и C , а также в сечении $ВВ$ приведены на рисунке В.6,а. Для промежуточных сечений коэффициенты c_e определяются линейной интерполяцией.

б) Для конических покрытий значения аэродинамических коэффициентов внешнего давления c_e при $15^\circ < \alpha < 30^\circ$ определяются (см. рисунок В.6,б) следующим образом:

Для участка A коэффициент $c_e = -1,5$.

Для участка B коэффициент $c_e = -1,0$.

Для участка C коэффициент $c_e = -1,1$.

Для участка D коэффициент $c_e = -2,0$.

Для участка E коэффициент $c_e = -0,7$.

Для купольных и конических покрытий при определении эквивалентной высоты z_e , см. 11.1.5 и коэффициента ν в соответствии с 11.1.11: $h = h_1 + 0,7f$.

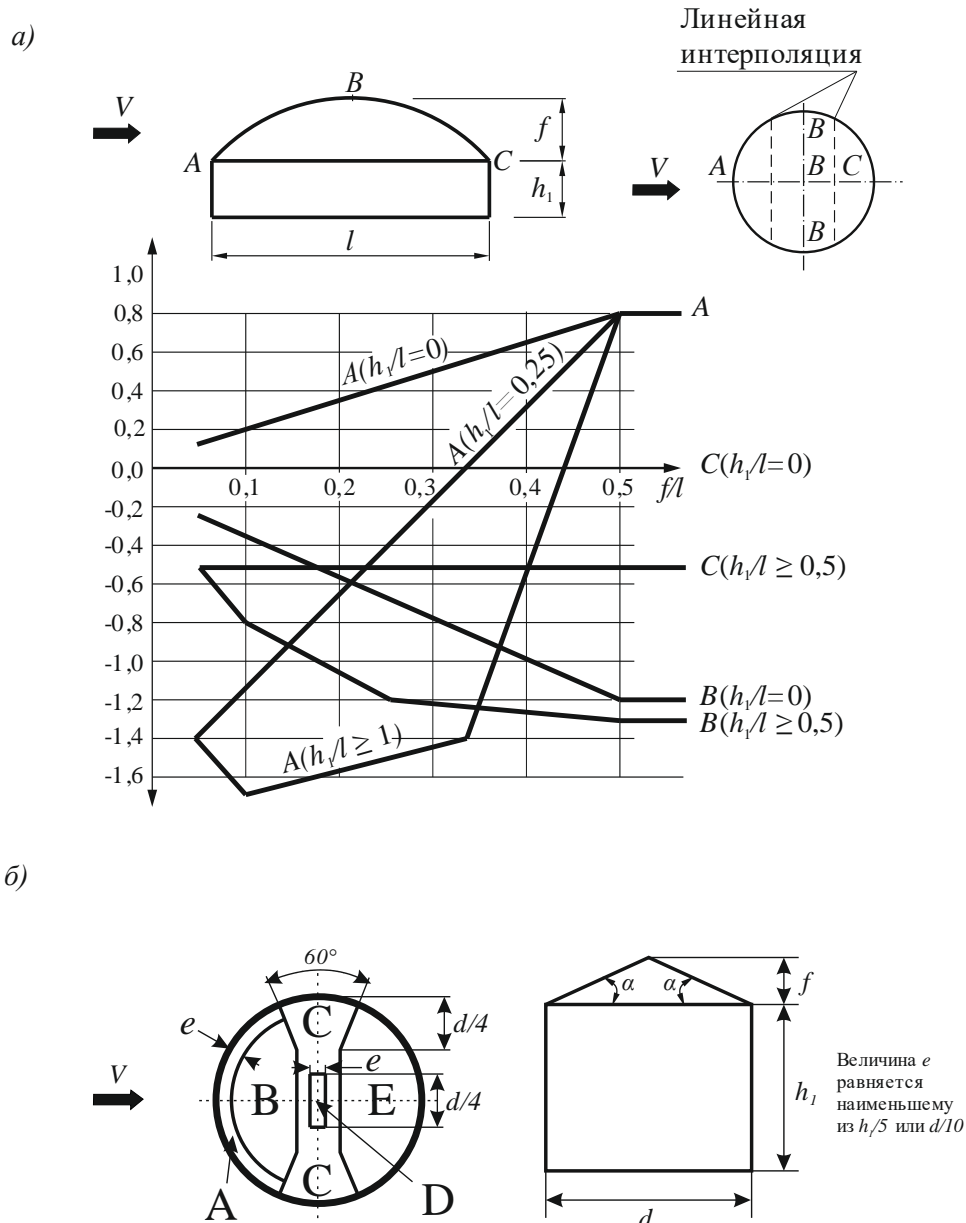
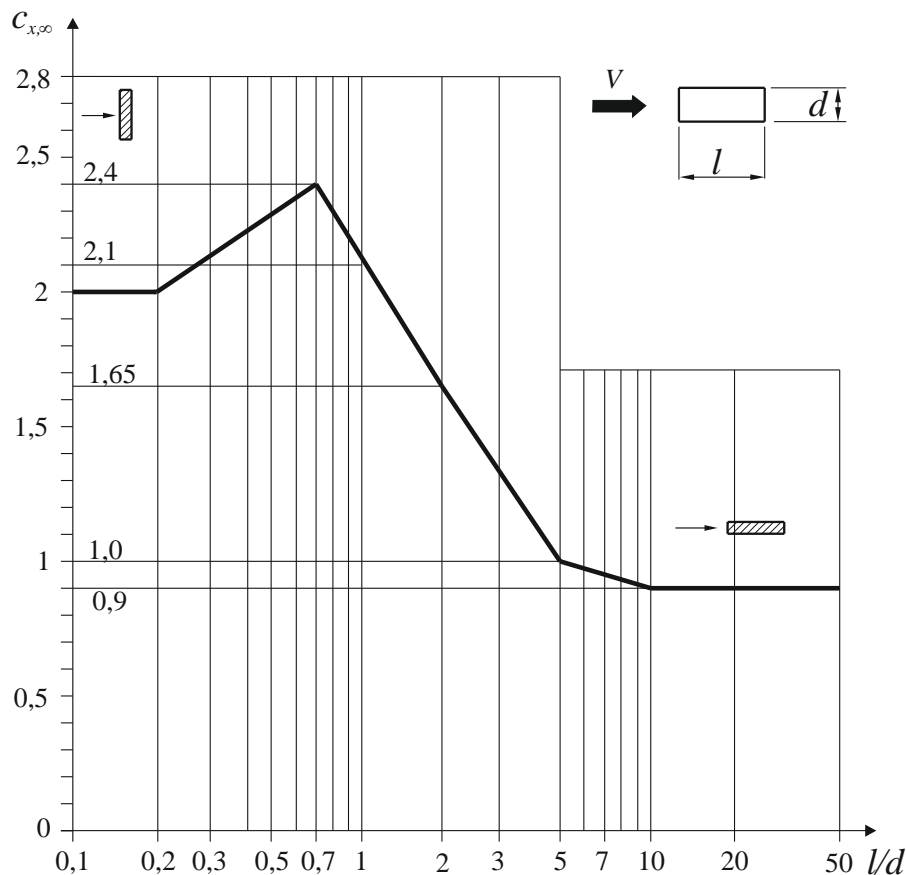


Рисунок В.6»

Пункт В.1.5. Заменить название пункта

«В.1.5 Здания с продольными фонарями и здания переменной высоты»

Пункт В.1.13. Заменить рисунок В.19:



Пункт В.2. Подпункт В.2.3 записать в следующей редакции:

В.2.3 При расчете сооружения на резонансное вихревое возбуждение наряду с воздействием (В.2.1) необходимо учитывать также действие ветровой нагрузки, параллельной средней скорости ветра. Средняя $w_{m,cr}$ и пульсационная $w_{g,cr}$ составляющие этого воздействия определяются по формулам:

$$w_{m,cr} = (V_{cr} / V_{max})^2 w_m; \quad w_{g,cr} = (V_{cr} / V_{max})^2 w_g, \quad (B.10)$$

где V_{max} – расчетная скорость ветра на высоте $z_{ЭК}$, на которой происходит резонансное вихревое возбуждение, определяемое по формуле (11.13);

w_m и w_g – расчетные значения средней и пульсационной составляющих ветровой нагрузки, определяемые в соответствии с указаниями

Пункт В.3. Первый абзац записать в следующей редакции:

При оценке комфортности пребывания людей в зданиях (динамическая комфортность) расчетные значения ветровой нагрузки w_c принимаются равными

$$w_c = 0,7w_g, \quad (\text{B.11})$$

где w_g – нормативное значение пульсационной составляющей основной ветровой нагрузки (11.1.8).

Вести новое приложение Ж.

Приложение Ж

Основные требования к проведению модельных испытаний зданий и сооружений в аэродинамических трубах.

Ж.1 Целью проведения модельных испытаний зданий и сооружений в аэродинамических трубах является определение одного или нескольких из следующих параметров, необходимых для нормирования ветровых воздействий:

- а) Аэродинамические коэффициенты внутреннего (c_i) и внешнего (c_e) давлений;
- б) Аэродинамические коэффициенты лобового сопротивления (c_x), поперечной силы (c_y) и крутящего момента (c_{mz});
- в) Пиковые (положительные ($c_{p,i}$) и отрицательные ($c_{p,l}$)) значения аэродинамических коэффициентов;
- г) Числа Струхала St ;
- д) Плотность вероятности $\varphi_g(g)$ функции порывов ветра $g(t)$, которая используется при оценке комфортности пешеходных зон.
- е) Динамическая реакция сооружений или ее спектральные характеристики (энергетический спектр, авто - и взаимные корреляционные функции) при действии основного типа ветровой нагрузки, а так же реакция, связанная с появлением аэродинамически неустойчивых колебаний (галопирование, различные виды флаттера) или с резонансным вихревым возбуждением.

Ж.2 При нормировании снеговой нагрузки должны быть установлены основные закономерности снегопереноса по покрытию сооружений, на основе которых определяются коэффициенты формы μ , используемые при нормировании снеговых нагрузок.

Ж.3 При проведении модельных аэродинамических испытаний должны быть выполнены определенные условия (критерии) подобия, которые обеспечивают получение наиболее достоверной информации о действующих на здание ветровых нагрузках. Основными и наиболее существенными критериями являются следующие:

- геометрическое подобие, включая степень шероховатости внешних поверхностей моделей;
- подобие структуры потока в аэродинамической трубе реальным ветровым режимам в месте строительства;

Примечание - В тех случаях, когда модельные испытания проводятся в аэродинамических трубах с гладким потоком или приземный слой атмосферы моделируется за счет применения турбулизирующих решеток, использование полученных результатов для проектирования сооружений должно быть дополнительно обосновано.

- подобие по числу Рейнольдса Re или выполнение более слабого требования о необходимости реализации автомодельного режима обтекания модели эквивалентного режиму обтекания сооружения.

- подобие основных динамических характеристик модели и здания (при экспериментальном определении динамической реакции сооружения).

Ж.4 При изготовлении моделей линейный масштаб моделирования M_ℓ выбирается таким образом, чтобы площадь S_m^\exists ее миделева сечения, перпендикулярного направлению потока, удовлетворяла условию

$$\psi = \frac{S_m^\exists}{S_a} \leq \psi_{np} \approx 0,08, \quad (\text{Ж.1})$$

где S_a - площадь рабочей части аэродинамической трубы в месте установки модели;

ψ - степень заполнения рабочей части;

ψ_{np} - предельное значение ψ , зависящее от типа аэродинамической установки.

В тех случаях, когда условие (Ж.1) не выполняется, результаты эксперимента нуждаются в корректировке. Ее методика, а также значение ψ_{np} для каждой аэродинамической установки определяются экспериментально.

Ж.5 Во избежание искажений результатов испытаний скорость потока в рабочей части аэродинамической трубы не должна превышать 60 м/с.

Ж.6 Перед проведением экспериментальных исследований необходимо измерить скорость и уровень турбулентных пульсаций скорости потока (степень турбулентности) по высоте пограничного слоя на всей области размещения модели в рабочей части аэродинамической трубы.

Ж.7 Аэродинамическая установка, используемое оборудование, приборы и инструменты должны быть аттестованы в соответствии с требованиями по их эксплуатации и использованию.

Ж.8 При определении пиковых аэродинамических коэффициентов c_{p+} и c_{p-} интервал сглаживания экспериментальных данных должен соответствовать 1-3 секунднему давлению ветра для реального сооружения.

Ж.9 При оформлении результатов модельных аэродинамических испытаний в отчетных документах должны быть приведены следующие данные:

- а) Линейный масштаб моделирования;
- б) Состояние поверхности модели (гладкая, с искусственно нанесенной шероховатостью и др.) и ее соответствие поверхности реального сооружения;
- в) Место расположения модели в рабочей части аэродинамической трубы и степень заполнения ее поперечного сечения;
- г) Схема дренирования модели (при измерении средних и пиковых значений аэродинамических коэффициентов);
- д) Основные характеристики набегающего потока, в том числе:
 - способ моделирования приземного слоя атмосферы (генераторы вихрей и расположение элементов шероховатости на нижней стенке аэродинамической трубы, используемых для турбулизации потока);
 - распределение средней скорости и интенсивности турбулентности потока по высоте сечения трубы в месте расположения модели с оценкой параметров их степенной или логарифмической аппроксимации.

Примечание – При использовании турбулизирующих решеток для моделирования приземного слоя атмосферы, кроме того, необходимо указать интегральные масштабы турбулентности и энергетический спектр набегающего потока.

е) Числа Рейнольдса, при которых проводились испытания, и обоснование реализации автомодельного режима обтекания модели, соответствующего режиму обтекания реального сооружения;

ж) Скорость или давление потока, по отношению к которым нормировались аэродинамические коэффициенты, давления, сил и моментов, а так же числа Струхала и энергетические спектры (при проведении соответствующих экспериментальных исследований).

Примечание – Для аэродинамических коэффициентов сил и моментов необходимо дополнительно указать оси, в направлении которых эти коэффициенты определялись, а также площади сечений, использованных при их определении.

и) Границы достоверности диапазона частот (при измерении энергетических спектров, пиковых аэродинамических коэффициентов, динамической реакции модели и других подобных явлений) с учетом собственных частот приемной и регистрирующей аппаратуры;

к) Числа Струхала St и основные безразмерные частоты срывы вихрей (при исследовании явлений срыва вихрей с боковых поверхностей сооружений).

Общая методика проведения модельных испытаний зданий и сооружений в аэродинамических трубах.

Критерии подобия указанные в приложении Ж.2 должны выполняться при проведении всех модельных испытаний зданий и сооружений в аэродинамических трубах.

Примечание - При решении некоторых специальных задач строительной аэродинамики кроме того может потребоваться выполнение других критериев подобия: по числам Ригардсона (R_i), Россби (R_o), Фруда (F_z) и другим.

И.1 Геометрическое подобие. Следствием геометрического подобия модели и сооружения является равенство безразмерных координат $\xi_i^{(\ominus)} = \frac{x_i^{(\ominus)}}{l_i^{(\ominus)}}$ и $\xi_i = \frac{x_i}{l_i}$ ($i=1, 2, 3$) соответствующих точек моделей и сооружения, где

$x_i^{(\ominus)}$ и x_i – соответственно координаты точек модели и сооружения в направлении i – ой координатной оси ($i = 1, 2, 3$);

$l_i^{(\ominus)}$ и l_i – соответствующие линейные размеры модели и сооружения в направлении i – ой координатной оси ($i = 1, 2, 3$);

Линейный масштаб M_l моделирования определяется соотношениями

$$M_l = \frac{l_1^{(\ominus)}}{l_1} = \frac{l_2^{(\ominus)}}{l_2} = \frac{l_3^{(\ominus)}}{l_3} \quad (\text{И.1})$$

При изготовлении модели линейный масштаб моделирования M_l выбирается таким образом, чтобы степень заполнения ψ поперечного сечения аэродинамической трубы удовлетворяла условию, приведенному в п. Ж.3

В тех случаях, когда это условие не выполняется, результаты эксперимента нуждаются в корректировке. Ее методика для каждой аэродинамической установки определяется экспериментально.

Обычно, при модельных испытаниях зданий и сооружений $M_l \sim 10^{-2} \div 10^{-3}$, для элементов решетчатых конструкций M_l может быть порядка единицы.

И.2 Подобие по параметру шероховатости Δ - частный случай геометрического подобия элементов шероховатости.

Учитывая, что в большинстве случаев M_l - величина порядка $10^{-2} \div 10^{-3}$, при изготовлении моделей точно удовлетворить этому равенству, как правило, не удастся. Для оценки влияния этого параметра на аэродинамические коэффициенты при проведении испытаний шероховатость модели обычно искусственно увеличивается. Использование результатов продувок подобных моделей для назначения ветровых нагрузок, действующих на проектируемые сооружения, обычно, нуждается в дополнительных обоснованиях.

И.3 Моделирование по числу Рейнольдса. Число Рейнольдса Re определяется соотношением

$$Re = \frac{V_0 l_y}{\nu} \quad (\text{И.2})$$

где V_0 - характерная средняя скорость ветра или потока в аэродинамической трубе (V_0^{\ominus});

l_y - размер сооружения или модели в направлении, перпендикулярном направлению скорости V_0 ;

$\nu \approx 1,45 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{сек}$ - кинематическая вязкость воздуха.

Так как ν имеет примерно одно и то же значение для потоков в аэродинамических трубах и в естественных условиях, а

$$M_v \equiv V_0^{\ominus}/V_0 \approx 1, \quad (\text{И.3})$$

то отношение чисел Рейнольдса, соответствующих модели и натурному сооружению, пропорционально линейному масштабу M_l моделирования:

$$Re^{(\ominus)}/Re \approx M_l \quad (\text{И.4})$$

Учитывая, что при модельных испытаниях реальных сооружений $M_l \ll 1$, то даже приближенно выполнить моделирование по числу Re не удастся; обычно при проведении испытаний пользуются более слабым требованием: числа Рейнольдса сооружения Re и его модели $Re^{(\ominus)}$ должны находиться в одной и той же области автомодельного режима обтекания.

С практической точки зрения основной особенностью зоны автомодельности является то, что здесь аэродинамические коэффициенты слабо зависят от числа Рейнольдса. Это обстоятельство и позволяет с достаточной степенью надежности использовать результаты модельных испытаний при назначении ветровых нагрузок, действующих на реальные сооружения.

Границы области автомодельности зависят от степени шероховатости Δ поверхности модели, ее относительных размеров и свойств набегающего потока.

Для сооружений с острыми кромками (поперечное сечение которых имеет угловые точки) нижняя граница зоны автомодельности $Re_1 \approx 10^2 - 10^3$ и при аэродинамических испытаниях их моделей можно считать, что условие автомодельности всегда выполняется.

Для сооружений с гладкой формой поперечного сечения нижняя граница зоны автомодельности, соответствующей его закритическому обтеканию, и числа Рейнольдса $Re^{(\ominus)}$, реализованные при его модельных испытаниях, часто имеют близкие значения порядка $10^5 - 10^6$.

Выполнение условия автомодельности обтекания модели при проведении каждого эксперимента должно устанавливаться непосредственно на основе анализа полученных результатов.

Примечание – Выполнение условий геометрического подобия модели (с учетом степени шероховатости ее поверхности) и автомодельности ее обтекания в аэродинамической трубе обеспечивает выполнение критерия подобия по числу Струхала при проведении экспериментальных исследований.

И.4 Для моделирования структуры погранслоя атмосферы при проведении модельных испытаний рекомендуется использовать аэродинамические трубы метеорологического или геофизического типа, длина рабочей части которых превышает шесть высот их поперечными сечениями и имеющих, как правило, прямоугольную форму.

Учитывая, что, образование приземного слоя атмосферы при сильных ветрах и в трубах с длинной рабочей частью происходит единообразно, за счет взаимодействия потоков с соответствующими подстилающими поверхностями, в обоих этих случаях их структура (профиль средней составляющей скорости и энергетические спектры пульсационной составляющей) оказываются, подобными.

Основным параметром, характеризующим свойства реальных ветровых режимов и потоков, реализуемых в аэродинамических трубах с длинной рабочей частью, является параметр шероховатости (z_0) подстилающей поверхности.

За счет использования различных элементов шероховатости (турбулизаторов) и различных способов их размещения на полу аэродинамической трубы значение $z_0^{(\ominus)}$ при испытаниях может изменяться в достаточно широких пределах. Кроме того, $z_0^{(\ominus)}$ изменяется вдоль рабочей части трубы. Эти два обстоятельства позволяют выбрать подходящие условия испытаний, соответствующие реальным условиям.

Для использования результатов модельных испытаний в трубах с длинной рабочей частью вполне достаточно знать параметр шероховатости $z_0^{(\ominus)}$; детальное описание энергетического спектра скорости потока при этом не обязательно, в силу его подобия спектру продольной составляющей скорости ветра.

Примечание – Иногда при испытаниях в трубах с короткой рабочей частью для турбулизации потока на выходе из сопла устанавливаются турбулизирующие решетки. Поскольку турбулентная структура подобных потоков существенно отличается от структуры погранслоя атмосферы, то для практического использования результаты, полученные при экспериментах с "решетчатой" турбулентностью, нуждаются в дополнительных обоснованиях.

И.5 Энергетические спектры скорости потока или давления, определяемые по результатам модельных испытаний в аэродинамических трубах, могут быть использованы на практике только для частот $f_1 \leq f \leq f_2$; здесь f_1 и f_2 являются соответственно нижней и верхней границами достоверного частотного диапазона и зависят от длины $\Delta T^{(\ominus)}$ записи пульсаций давлений при эксперименте и интервала выборки (квантования) $\Delta \tau^{(\ominus)}$ данных при статистической обработке этих записей. На практике, можно принять

$$f_1 = \frac{5M_\ell}{M_v \Delta T^{(\ominus)}} , \quad (\text{И.5a})$$

$$f_2 = \frac{M_\ell}{5M_v \Delta \tau^{(\ominus)}} , \quad (\text{И.5б})$$

где M_ℓ и M_v определены в И.1 и И.3, соответственно.

Нормативные значения веса снегового покрова для городов Российской Федерации

Т а б л и ц а К.1 – Нормативные значения веса снегового покрова

№	Город, населенный пункт	S _г , кПа
Республика Адыгея (Адыгея)		
1	Майкоп	0,91
Алтайский край. Республика Алтай		
1	Барнаул	1,55
2	Бийск	2,16
3	Горно-Алтайск	1,90
4	Рубцовск	1,00
Амурская область		
1	Благовещенск	0,50
2	Свободный	0,72
Архангельская область		
1	Архангельск	1,79
2	Котлас	1,68
3	Северодвинск	2,24
Астраханская область		
1	Астрахань	0,39
Республика Башкортостан		
1	Белорецк	1,51
2	Ишимбай	1,54
3	Туймазы	1,63
4	Салават	2,46
5	Стерлитамак	2,21
6	Уфа	2,44
Белгородская область		
1	Белгород	1,55
2	Старый Оскол	1,57
Брянская область		
1	Брянск	1,58
Республика Бурятия		
1	Улан-Уде	0,47
Владимирская область		
1	Александров	1,69
2	Владимир	2,05
3	Гусь-Хрустальный	1,85
4	Ковров	1,58
5	Муром	1,64
Волгоградская область		
1	Волгоград	0,99
2	Камышин	1,16
3	Михайловка	1,08
Вологодская область		
1	Вологда	1,65
2	Череповец	1,84
Воронежская область		
1	Борисоглебск	1,60
2	Воронеж	1,56
Республика Дагестан		
1	Буйнакск	0,43
2	Махачкала	0,60
3	Хасавюрт	0,64
Еврейская автономная область		
1	Биробиджан	0,97
Забайкальский край		
1	Чита	0,39
Ивановская область		
1	Иваново	1,69
2	Кинешма	1,91
3	Шуя	1,47
Иркутская область		
1	Братск	1,24
2	Иркутск	0,82
3	Усть-Илимск	1,24
Кабардино-Балкарская Республика		
1	Нальчик	0,48
2	Прохладный	0,46
Калининградская область		
1	Калининград	0,81
Республика Калмыкия		
1	Элиста	0,71
Калужская область		
1	Калуга	1,87
Камчатский край		
1	Петропавловск- Камчатский	4,12
Карачаево-Черкесская Республика		
1	Черкесск	0,59
Республика Карелия		
1	Петрозаводск	1,69
Кемеровская область		
1	Кемерово	1,82
2	Киселевск	1,62
3	Междуреченск	3,56
Кировская область		
1	Киров	2,08
Республика Коми		
1	Воркута	2,85
2	Печора	2,53
3	Ухта	2,14
Костромская область		
1	Кострома	1,81
Краснодарский край		
1	Армавир	0,84
2	Белореченск	0,80
3	Лабинск	0,71
4	Краснодар	1,09
5	Кропоткин	0,70
6	Крымск	0,94
7	Славянск-на- Кубани	0,76
8	Тимашевск	0,86
9	Тихорецк	0,85
Красноярский край		
1	Ачинск	1,25
2	Канск	1,08
3	Красноярск	1,34
4	Минусинск	0,74
5	Норильск	2,41
Республика Крым		
1	Евпатория	0,44
2	Джанкой	0,61
3	Ялта	0,48
Курганская область		
1	Курган	1,31
2	Шадринск	1,39
Курская область		
1	Железногорск	1,39
2	Курск	1,25
Ленинградская область		
1	Волхов	1,55
2	Выборг	1,78
3	Гатчина	1,42
4	Кингисепп	1,37
5	Пушкин	1,31
6	Санкт-Петербург	1,31
7	Сосновый Бор	1,66
8	Тихвин	1,69
Липецкая область		
1	Елец	1,33
2	Липецк	1,50
Магаданская область		
1	Магадан	1,36
Республика Марий Эл		
1	Йошкар-Ола	1,82
Республика Мордовия		
1	Саранск	1,61

Окончание таблицы К.1

№	Город, населенный пункт	S _г , кПа
Московская область		
1	Дмитров	1,43
2	Кашира	1,68
3	Клин	1,84
4	Коломна	1,45
5	Москва	1,43
6	Наро-Фоминск	1,41
7	Павловский Посад	1,46
8	Сергиев Посад	1,89
9	Серпухов	1,64
Мурманская область		
1	Кандалакша	1,80
2	Мончегорск	2,49
3	Мурманск	3,18
Нижегородская область		
1	Арзамас	1,77
2	Нижний Новгород	2,14
3	Павлово	1,92
Новгородская область		
1	Боровичи	1,38
2	Великий Новгород	1,54
Новосибирская область		
1	Искитим	1,58
2	Новосибирск	1,57
Омская область		
1	Омск	1,36
Оренбургская область		
1	Оренбург	1,24
2	Уральск	1,23
Орловская область		
1	Орел	1,42
Пензенская область		
1	Кузнецк	1,78
2	Пенза	1,46
Пермский край		
1	Березники	2,46
2	Кунгур	1,66
3	Лысьва	2,15
4	Пермь	1,96
5	Соликамск	2,59
6	Чайковский	1,85
Приморский край		
1	Арсеньев	1,05
2	Партизанск	1,25
3	Уссурийск	0,68
Псковская область		
1	Великие Луки	1,10
2	Псков	1,28
Ростовская область		
1	Каменск-Шахтинский	0,60
2	Ростов-на-Дону	0,86
3	Шахты	0,82
Рязанская область		
1	Рязань	1,55

№	Город, населенный пункт	S _г , кПа
Самарская область		
1	Самара	1,60
2	Сызрань	1,56
Саратовская область		
1	Балашов	1,54
2	Пугачев	1,34
3	Саратов	1,37
Республика Саха (Якутия)		
1	Ленск	1,77
2	Якутск	0,69
Сахалинская область		
1	Корсаков	2,61
2	Южно-Сахалинск	3,83
Свердловская область		
1	Екатеринбург	1,34
2	Каменск-Уральский	1,25
3	Нижний Тагил	1,50
4	Ревда	1,42
5	Серов	1,54
Республика Северная Осетия - Алания		
1	Владикавказ	0,64
Смоленская область		
1	Вязьма	1,61
2	Рославль	1,39
3	Смоленск	1,61
Ставропольский край		
1	Георгиевск	0,57
2	Минеральные Воды	0,47
3	Невинномысск	0,74
4	Пятигорск	0,96
5	Ставрополь	0,59
Тамбовская область		
1	Мичуринск	1,50
2	Тамбов	1,40
Республика Татарстан (Татарстан)		
1	Бугульма	3,00
2	Елабуга	2,23
3	Казань	2,46
Тверская область		
1	Вышний Волочек	1,46
2	Ржев	1,28
3	Тверь	1,59
4	Торжок	1,60
Томская область		
1	Томск	2,14
Республика Тыва		
1	Кызыл	0,50
Тульская область		
1	Алексин	1,60
2	Тула	1,47
3	Узловая	1,46

№	Город, населенный пункт	S _г , кПа
Тюменская область		
1	Ишим	1,33
2	Тобольск	1,56
3	Тюмень	1,59
Ханты-Мансийский автономный округ - Югра		
4	Нижневартовск	2,30
5	Сургут	1,79
6	Ханты-Мансийск	1,93
Ямало-Ненецкий автономный округ		
7	Салехард	1,70
Удмуртская Республика		
1	Воткинск	2,34
2	Глазов	1,69
3	Ижевск	2,16
4	Сарапул	1,79
Ульяновская область		
1	Ульяновск	1,40
2	Димитровград	2,04
Хабаровский край		
1	Комсомольск-на-Амуре	1,24
2	Хабаровск	1,07
Челябинская область		
1	Златоуст	1,83
2	Магнитогорск	1,30
3	Миасс	1,11
4	Троицк	1,12
5	Челябинск	1,22
Чеченская Республика		
1	Грозный	0,44
2	Гудермес	0,54
Чувашская Республика - Чувашия		
1	Чебоксары	1,93
Ярославская область		
1	Переславль-Залесский	2,05
2	Рыбинск	2,02
3	Ярославль	1,81

Ключевые слова: нагрузка, воздействие, сочетание нагрузок, постоянная, длительная, кратковременная, особая нагрузка, прогиб, перемещение.

Руководитель организации-разработчика
АО «НИЦ «Строительство»

Заместитель генерального директора
по научной работе _____ А.И. Звездов

Директор
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко _____ И.И. Ведяков

Руководитель разработки

Зав. лабораторией №3
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко _____ Н.А. Попов

Исполнитель

Зам. зав. лабораторией №3
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко _____ Н.А. Попов