CH 2.01.05-2019

СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

воздействия на конструкции. общие воздействия Ветровые воздействия

УЗДЗЕЯННІ НА КАНСТРУКЦЫІ. АГУЛЬНЫЯ ЎЗДЗЕЯННІ Ветравыя ўздзеянні

(на основе EN 1991-1-4:2005+A1:2010+AC:2010)

Издание официальное

Минск 2020

УДК 624.07.042.41(083.74)

Ключевые слова: несущие конструкции, ветровая нагрузка, характеристические значения, конструкционные коэффициенты, схемы нагружения, карты ветровых районов

Предисловие

1 РАЗРАБОТАНЫ научно-проектно-производственным республиканским унитарным предприятием «Стройтехнорм» (РУП «Стройтехнорм»).

Автор — д-р техн. наук, проф. В. В. Тур

ВНЕСЕНЫ главным управлением градостроительства, проектной, научно-технической и инновационной политики Министерства архитектуры и строительства

- 2 УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ постановлением Министерства архитектуры и строительства от 16 декабря 2019 г. № 69
- 3 Настоящие строительные нормы разработаны на основе EN 1991-1-4:2005+A1:2010+AC:2010 «Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия» («Eurocode 1: Actions on structures. Part 1-4: General actions Wind actions»).

При применении настоящих строительных норм рекомендуется использовать вместо ссылочных региональных стандартов соответствующие им технические нормативные правовые акты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

4 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ (с отменой ТКП EN 1991-1-4-2009 (02250))

Содержание

В	веде	эние	. Vi
1	Обі	цие положения	1
	1.1	Область применения	1
	1.2	Нормативные ссылки	2
	1.3	Допущения	2
	1.4	Различие между принципами и правилами применения	2
	1.5	Расчет нагрузок на основе опытных данных и измерений	2
	1.6	Термины и определения	2
	1.7	Условные и буквенные обозначения	3
2	Pac	четные ситуации	6
3	Mo	делирование ветровых воздействий	6
	3.1	Общие положения	6
	3.2	Представление ветровых воздействий	6
	3.3	Классификация ветровых воздействий	6
	3.4	Характеристические значения	6
	3.5	Модели	7
4	Ско	рость ветра и скоростной напор	7
	4.1	Основы расчета	7
	4.2	Базовое значение скорости ветра	7
	4.3	Средняя скорость ветра	8
		4.3.1 Зависимость от высоты	8
		4.3.2 Шероховатость местности	8
		4.3.3 Орография	10
		4.3.4 Влияние более высоких близлежащих зданий	10
		4.3.5 Близлежащие здания или преграды	10
	4.4	Турбулентность ветра	10
	4.5	Пиковое значение скоростного напора	.11
5	Вет	ровые воздействия	.11
	5.1	Общие положения	.11
	5.2	Ветровое давление на поверхности	.12
	5.3	Ветровые усилия	13
6	Кон	струкционный коэффициент $c_s c_d$	14
	6.1	Общие положения	14
	6.2	Определение $c_{\mathrm{s}}c_{d}$.14

	6.3	Подробный метод	15
		6.3.1 Конструкционный коэффициент $c_{\rm s}c_{\rm d}$	15
		6.3.2 Оценка эксплуатационной пригодности	16
		6.3.3 Бафтинг в спутной струе	16
7	Аэр	одинамические коэффициенты давления и усилий	16
	7.1	Общие положения	16
		7.1.1 Определение аэродинамических коэффициентов	16
		7.1.2 Ассиметричные и уравновешивающие (противодействующие) давления и силы	17
		7.1.3 Влияния льда и снега	18
	7.2	Аэродинамические коэффициенты давления для зданий	18
		7.2.1 Общие положения	18
		7.2.2 Вертикальные стены прямоугольных в плане зданий	19
		7.2.3 Плоские покрытия	21
		7.2.4 Односкатные покрытия	22
		7.2.5 Двускатные покрытия	24
		7.2.6 Вальмовые покрытия	27
		7.2.7 Шедовые (многопролетные) покрытия	28
		7.2.8 Сводчатые покрытия и купола	30
		7.2.9 Внутреннее давление	31
		7.2.10 Давление на многослойные стены и покрытия	33
	7.3	Отдельно стоящие навесы	34
	7.4	Отдельно стоящие стены, парапеты, ограждения и рекламные щиты	39
		7.4.1 Отдельно стоящие стены и парапеты	39
		7.4.2 Коэффициенты заграждения для стен и ограждений	40
		7.4.3 Рекламные щиты	41
	7.5	Коэффициенты трения	42
	7.6	Конструктивные элементы конструкций с прямоугольным сечением	43
	7.7	Конструктивные элементы с острыми кромками в сечении	44
	7.8	Конструктивные элементы с поперечным сечением, имеющим форму правильного многоугольника	45
	7.9	Круговой цилиндр	46
		7.9.1 Коэффициенты внешнего давления	46
		7.9.2 Коэффициенты усилия	47
		7.9.3 Коэффициенты усилия для вертикальных цилиндров, расположенных в ряд	49
	7.10) Сферы	50
	7.1	1 Решетчатые конструкции и леса	51
	7.12	2 Флаги	54
	7.13	3 Эффективная гибкость λ и коэффициент, учитывающий концевые эффекты ψ_{λ}	54
8	Вет	ровые воздействия на мосты	56
	8.1	Общие положения	56
	8.2	Выбор методов расчета системы	58

	29.12.2024. Пользова	
	упа: 04.01.2024 - 29.12.2024. Пол	_
		оонного издания
	ЕКТ". Период дост	иального электр
	⊿ZHCKZHXTPOEKT". T€	зя копией офиц
	ю УП "МИНСІ	осителе являет
	е. Приобретен	на бумажном нс
+70	онное издани	спроизведении
DDI 1 0 1 10.404	тыное электро	овании или вос
	Ж рициал	ри копир

8.3	Коэффициенты усилия	58
	8.3.1 Коэффициенты усилия в направлении х (общий метод)	59
	8.3.2 Усилия в направлении х — упрощенный метод	61
	8.3.3 Ветровые усилия на пролетные конструкции моста в направлении <i>z</i>	61
	8.3.4 Ветровые усилия на пролетные конструкции моста в направлении у	62
8.4	Опоры моста	63
	8.4.1 Направления ветра и расчетные ситуации	63
	8.4.2 Ветровые воздействия на опоры моста	63
Прилс	жение А Влияние шероховатости местности и орографии	64
Прилс	жение В Первый метод расчета для определения конструкционного коэффициента <i>c_sc_d</i>	72
Прилс	жение С Второй метод расчета для определения конструкционного коэффициента <i>c_sc_d</i>	76
Прилс	эжение D Значения конструкционного коэффициента $c_{ m s}c_{ m d}$ для разных типов зданий	78
Прилс	эжение Е Вихревое возбуждение и динамические неустойчивости	83
Прилс	жение F Динамические свойства сооружений	99
Библи	юграфия	106
Трило	жение ДА Сведения о соответствии технических нормативных	
	правовых актов ссылочным региональным стандартам	107
Нашис	ональные требования и национально установленные дараметры	108

Введение

Настоящие строительные нормы включают текст Еврокода, национальное предисловие, а также национальные требования и национально установленные параметры.

Раздел «Национальные требования и национально установленные параметры» содержит только информацию о параметрах, которые в Еврокоде оставлены открытыми для принятия решения на национальном уровне. Национальные требования и национально установленные параметры включают:

- числовые значения и/или классы, по которым Еврокодами допускается альтернативное решение;
- числовые значения, которые следует использовать в тех случаях, когда в Еврокодах указаны только символы;
- специфические данные (географические, климатические и т. д.), которые применимы только для определенной страны, например карты снеговой нагрузки на грунт;
- расчетные методики в случаях, когда Еврокодами допускается применение альтернативных методик.

Национальные требования и национально установленные параметры

Настоящие строительные нормы, разработанные на основе EN 1991-1-4, содержат национальные требования и национально установленные параметры в следующих пунктах:

```
-1.5(2);
-4.1(1);
— 4.2(1)P, примечание 2;
— 4.2(2)Р, примечания 1–3 и 5;
— 4.3.1(1), примечания 1 и 2;
-4.3.2(1);
-4.3.2(2);
-4.3.3(1);
-4.3.4(1);
-4.3.5(1);
— 4.4(1), примечание 2;
— 4.5(1), примечания 1 и 2;
--5.3(5);
-6.1(1);
— 6.3.1(1), примечание 3;
-6.3.2(1);
— 7.1.2(2);
-7.1.3(1);
— 7.2.1(1), примечание 2;
-7.2.2(1);
— 7.2.2(2), примечание 1;
--7.2.3(2);
-7.2.3(4);
-7.2.4(1);
-7.2.4(3);
-7.2.5(1);
--7.2.5(3);
-7.2.6(1);
-7.2.6(3);
-7.2.7;
-7.2.8(1);
-7.2.9(2);
```

7.2.10(3), примечания 1 и 2;

— 7.3(6);
— 7.4.1(1);
— 7.4.3(2);
— 7.6(1), примечание 1;
— 7.7(1), примечание 1;
— 7.8(1);
— 7.9.2(2);
— 7.10(1), примечание 1;
— 7.11(1), примечание 2;
— 7.13(1);
— 7.13(2);
— таблица 7.14;
— 8.1(1), примечания 1 и 2;
— 8.1(4);
— 8.1(5);
— 8.2(1), примечание 1;
— 8.3(1);
— 8.3.1(2);
— 8.3.2(1);
— 8.3.3(1), примечание 1
— 8.3.4(1);
— 8.4.2(1);
— A.2(1);
— E.1.3.3(1);
— Е.1.5.1(1), примечания 1 и 2;
— E.1.5.1(3);
— Е.1.5.2.6(1), примечание 1;
— Е.1.5.3.2, примечание 1;
— E.1.5.3(4);
— E.1.5.3(6);
— E.3 (2).

СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ

ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КОНСТРУКЦИИ. ОБЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ Ветровые воздействия

УЗДЗЕЯННІ НА КАНСТРУКЦЫІ. АГУЛЬНЫЯ ЎЗДЗЕЯННІ Ветравыя ўздзеянні

Actions on structures. General actions Wind actions

> Дата введения через 60 календарных дней после официального опубликования

1 Общие положения

1.1 Область применения

- (1) В настоящих строительных нормах приведены указания по назначению природных ветровых воздействий на наружные поверхности, рассматриваемые при проектировании зданий и инженерных сооружений. К ним относятся конструкции в целом или их элементы, сопряженные с несущими конструкциями, например узлы, элементы фасада с анкерными креплениями, защитные и шумозащитные ограждения.
 - (2) Настоящие строительные нормы распространяются на:
 - здания и инженерно-технические сооружения высотой до 200 м. См. также (11);
- мосты пролетом до 200 м при условии, что они удовлетворяют критериям динамических характеристик, см. (12) и 8.2.
- (3) Настоящие строительные нормы предназначены для определения характеристических ветровых нагрузок на наземные сооружения, их элементы и выступающие части.
- (4) Определенные аспекты, учитываемые при определении воздействий ветра на конструкцию, зависящие от местоположения, а также от наличия и качества метеорологических данных, от типа местности и т. д.
- (5) Справочное приложение А содержит графические представления типов местности и устанавливает правила учета влияния орографии, включая высоту смещения, изменение шероховатости, влияние ландшафта и расположенных в непосредственной близости сооружений.
- (6) Справочные приложения В и С содержат альтернативные методы расчета конструкционного коэффициента $c_s c_d$.
 - (7) Справочное приложение D устанавливает коэффициенты $c_s c_d$ для различных типов конструкций.
- (8) Справочное приложение Е содержит правила оценки вихревого возбуждения сооружений, а также указания по учету других видов динамической неустойчивости.
- (9) Справочное приложение F содержит указания по динамическим свойствам сооружений, работающих в упругой стадии.
- (10) Настоящие строительные нормы не содержат указаний по учету воздействия местных тепловых эффектов на характеристику ветра, например сильных арктических инверсионных слоев, смерчей или торнадо.
- (11) Опоры, установленные с помощью растяжек, и решетчатые опоры рассматриваются в EN 1993-3-1, а фонарные столбы — см. EN 40.
 - (12) Настоящие строительные нормы не распространяются на:
 - крутильные колебания, например, высотных зданий с центральным ядром жесткости;
 - колебания пролетных конструкций моста вследствие турбулентности ветра;

- ветровые нагрузки на вантовые и висячие мосты;
- вибрации, для которых необходимо учитывать различные формы колебаний.

Примечание 1 — В разделе «Национальные требования и национально установленные параметры» могут быть установлены другие дополняющие и непротиворечащие указания по данным вопросам.

Примечание 2 — Воздействия ветра на установленные с помощью растяжек опоры и дымовые трубы, а также решетчатые опоры и башни см. в EN 1993-3-1 (приложение A).

Примечание 3 — Воздействия ветра на опоры ЛЭП см. в EN 40.

1.2 Нормативные ссылки

Для применения настоящих строительных норм необходимы следующие ссылочные документы. Для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного документа (включая все его изменения).

EN 1990 Еврокод. Основы проектирования конструкций

EN 1991-1-3 Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки

EN 1991-1-6 Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-6. Общие воздействия. Воздействия при производстве строительных работ

EN 1991-2 Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 2. Транспортные нагрузки на мосты

Е 1993-3-1 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 3-1. Вышки и опоры.

1.3 Допущения

(1)Р Распространяются общие допущения, установленные в EN 1990 (1.3).

1.4 Различия между принципами и правилами применения

(1)Р Распространяются правила, установленные в EN 1990 (1.4).

1.5 Расчет нагрузок на основе опытных данных и измерений

- (1) В дополнение к настоящим строительных нормам для определения нагрузок и усилий системы можно применять аэродинамические испытания, апробированные и/или сертифицированные численные методы при соответствующем моделировании структуры и естественного ветра.
- (2) Нагрузки, усилия системы и параметры местности можно также определять с помощью опытных данных и измерений.

Примечание — Дополнительную информацию по аэродинамическим испытаниям и измерениям см. в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры».

1.6 Термины и определения

В настоящих строительных нормах применены основные термины и определения, установленные в ISO 2394, ISO 3898, ISO 8930 и EN 1990 (1.5).

- 1.6.1 основное значение базовой скорости ветра (fundamental basic wind velocity): Скорость ветра на уровне 10 м над поверхностью земли для открытого типа местности с учетом высоты над уровнем моря (если требуется), соответствующая 10-минутному интервалу осреднения независимо от направления ветра, с вероятностью превышения 0.02.
- 1.6.2 базовое значение скорости ветра (basic wind velocity): Приведенное основное значение базовой скорости ветра с учетом направления ветра и сезонности (если требуется).
- 1.6.3 средняя скорость ветра (mean wind velocity): Базовое значение скорости ветра, приведенное с учетом показателей шероховатости местности и орографии.
- 1.6.4 аэродинамический коэффициент давления (pressure coefficient): Аэродинамические коэффициенты внешнего давления учитывают воздействие ветра на внешние поверхности сооружений, аэродинамические коэффициенты внутреннего давления учитывают воздействие ветра на внутренние поверхности сооружений.

Коэффициенты внешнего давления подразделяют на общие и локальные коэффициенты. К локальным коэффициентам относятся аэродинамические коэффициенты давления для загруженных поверхностей, площадь которых не превышает 1 м², например, для небольших элементов конструкций или креплений; к общим коэффициентам относятся аэродинамические коэффициенты давления для загруженных поверхностей площадью св. 10 м^2 .

Коэффициенты давления нетто включают результирующее воздействие ветра на сооружения, элементы конструкций или узлы на единицу поверхности.

- **1.6.5 аэродинамический коэффициент усилия** (force coefficient): Аэродинамические коэффициенты усилий учитывают общее воздействие ветра на сооружения, элементы конструкций или узлы. Они включают эффекты трения, за исключением случаев, когда они специально исключаются.
- **1.6.6 коэффициент фоновой составляющей реакции** (background response factor): Коэффициент фоновой составляющей реакции учитывает отсутствие полной корреляции давления на поверхность конструкции.
- **1.6.7 коэффициент резонансной составляющей реакции** (resonance response factor): Коэффициент резонансной составляющей реакции определяет резонансные колебания с учетом формы колебаний вследствие турбулентности.

1.7 Условные и буквенные обозначения

- (1) В настоящих строительных нормах применяют следующие условные и буквенные обозначения. *Примечание* Применяемые условные и буквенные обозначения установлены в соответствии с ISO 3898:1999. В этой части точка обозначает знак умножения. Этот способ записи применяется для исключения неточностей в функциональных выражениях функций.
- (2) Перечень условных и буквенных обозначений, а также терминов и определений приведен в EN 1990 (1.6). Следующие термины распространяются только на настоящие строительные нормы.

Прописные буквы латинского алфавита

```
A — площадь;
```

А_{fr} — площадь, обтекаемая ветром (смачиваемая поверхность);

A_{ref} — базовая площадь;

— фоновая составляющая реакции;

С — коэффициент ветровой нагрузки на мосты;

E — модуль упругости;

*F*_{fr} — результирующая сила трения;

*F*_i — вихревая возбуждающая сила в точке *j* сооружения;

 F_{w} — результирующая ветровая нагрузка;

— высота над уровнем моря, м;

 I_{ν} — интенсивность турбулентности;

К — коэффициент формы колебаний; параметр формы колебаний;

К_а — постоянная аэродинамического затухания;

 K_{iv} — коэффициент интерференции для вихревого возбуждения;

К_{rd} — понижающий коэффициент для парапетов;

 K_{w} — коэффициент приведенной длины;

*K*_x — безразмерный коэффициент;

— ширина пролетной конструкции моста, масштаб длины турбулентности;

— фактическая длина проекции подветренной стороны;

 $L_{\rm e}$ — эффективная длина проекции наветренной стороны;

 L_i — приведенная длина;

*L*_u — фактическая длина проекции наветренной стороны;

N — количество циклов колебаний, вызванных вихревым возбуждением;

 N_g — количество циклов загружений от реакций на порывы;

— резонансная составляющая реакции;

Re — число Рейнольдса;

 R_h, R_b — аэродинамическая проводимость;

S — воздействие ветра;

Sc — число Скрутона;

S_L — безразмерная функция спектральной плотности;

St — число Струхаля;

 $W_{\rm s}$ — вес элементов конструкции дымовой трубы, способствующих жесткости;

 W_t — общий вес дымовой трубы.

Строчные буквы латинского алфавита

- a_{G} коэффициент нестабильности при галопировании;
- *a_{iG}* комбинированный коэффициент стабильности при галопировании;

CH 2.01.05-2019

```
b
      — размер конструкции по нормали к направлению действия ветра;

    коэффициент высоты над уровнем моря;

Calt

динамический коэффициент;

c_d
      — коэффициент, учитывающий направление ветра;
C_{dir}
C_f

    аэродинамический коэффициент усилия;

    — аэродинамический коэффициент усилия конструкции или конструктивных элементов без

C_{f,O}
      обтекания свободных концов;
C_{f,I}

    аэродинамический коэффициент подъемной силы;

C_{fr}

    аэродинамический коэффициент трения;

      — аэродинамический коэффициент вихревого возбуждения;
Clat

    аэродинамический коэффициент момента;

c_M

    аэродинамический коэффициент давления;

C_{D}

коэффициент наружного давления;

c_{pe}

    коэффициент внутреннего давления;

C_{pi}
c_{p,net} — коэффициент давления нетто;

    вероятностный коэффициент;

Cprob

    коэффициент, учитывающий тип местности;

C_r
c_o

орографический коэффициент;

масштабный коэффициент;

c_s
c_{season} — сезонный коэффициент;
d

    размер конструкции параллельно направлению действия ветра;

е
      — эксцентриситет силы или расстояние между краями;
f_L

    безразмерная частота;

h

    высота сооружения;

h_{\text{ave}}

    средняя высота нескольких зданий;

h<sub>dis</sub>

высота смещения;

k

    эквивалентная шероховатость;

k_i

    коэффициент турбулентности;

k_p

пиковый коэффициент;

    коэффициент местности;

k_r
k_{\theta}

    крутильная жесткость;

1

    длина горизонтальной конструкции;

m

    масса на единицу длины;

m_1
      — эквивалентная масса на единицу длины;
n_i
      — собственная частота сооружения i-ой формы колебаний;
      — основная собственная частота изгибных колебаний параллельно направлению действия
n_{1,x}
      ветра;
      — основная собственная частота изгибных колебаний по нормали к направлению действия
n_{1,y}
      ветра;
      — частота изгибных колебаний овальной формы;
n_0

    годовая вероятность превышения;

р
      — значение среднего (базового) скоростного напора;
q_b
      — пиковое значение скоростного напора;
q_p
r
      — радиус;

    коэффициент, координата;

s
t
      — интервал осреднения базового значения скорости, толщина оболочки;
      — начальная скорость ветра при галопировании;
V_{CG}
      — критическая скорость ветра при интерференционном галопировании;
VCIG
V_{crit}

    критическая скорость ветра при вихревом возбуждении;

    скорость ветра при дивергенции;

V_{div}

    средняя скорость ветра;

V_m
      — основное значение базовой скорости ветра;
V_{b,0}
```

 V_b

базовое значение скорости ветра;

ветровое давление;

X	— горизонтальное расстояние между рассматриваемой и наивысшей точкой
	местности;
х-направление	— горизонтальное направление по нормали к пролету;
<i>у-</i> направление	— горизонтальное направление параллельно пролету;
y_{max}	— максимальная амплитуда колебаний при критической скорости ветра;
Z	— высота над землей;
Z _{ave}	— средняя высота;
<i>z</i> -направление	— вертикальное направление;
z ₀	— параметр шероховатости;
Z_e, Z_i	— базовая высота для внешнего и внутреннего ветрового давления;
z_g	— расстояние от уровня земли до элемента конструкции;
\boldsymbol{z}_{max}	— максимальная высота;
z_{min}	— минимальная высота;
$Z_{\mathbb{S}}$	— базовая высота для определения конструкционного коэффициента.

Прописные буквы греческого алфавита

- уклон по нормали к направлению действия ветра;
- основная форма собственных колебаний параллельно направлению действия ветра.

Строчные буквы греческого алфавита

- коэффициент нестабильности галопирования; $\alpha_{\sf G}$
- комбинированный коэффициент стабильности для интерференционного галопирования; α_{IG}
- δ – логарифмический декремент затухания;
- логарифмический декремент аэродинамического затухания; δ_a
- δ_d — логарифмический декремент затухания вследствие специальных мероприятий;
- логарифмический декремент конструкционного затухания; δ_s
- коэффициент; 3
- коэффициент ширины полосы частот (спектра); ϵ_0
- частотный коэффициент; ε1
- переменная; η
- коэффициент проемности, степень заграждения для открыто стоящих навесов; φ
- λ — гибкость;
- степень открытости, степень проницаемости наружного ограждения; μ
- частота восходящего потока, коэффициент Пуассона, кинематическая вязкость; ν
- θ угол кручения;
- ρ плотность воздуха;
- стандартное отклонение турбулентности; σ_{ν}
- $\sigma_{\textit{a},\textit{x}}$ — стандартное отклонение ускорения колебаний конструкции параллельно направлению действия ветра;
- понижающий коэффициент для отдельно стоящих шедовых кровель; $\psi_{\textit{mc}}$
- понижающий коэффициент для аэродинамического коэффициента усилия конструкций Ψ_r прямоугольного сечения со скругленными углами;
- понижающий коэффициент для аэродинамического коэффициента усилия элементов ψ_{λ} конструкций с бесконечной гибкостью;
- понижающий коэффициент для кругового цилиндра с бесконечной гибкостью; $\psi_{\lambda a}$
- коэффициент затенения стен и ограждений; ψ_s
- ζ — экспонента формы колебаний.

Индексы

```
crit

    критический;

      — наружный, нагрузка;
е
fr
      — трение;
i
      — внутренний; номер собственной частоты или собственной формы;
j
      — номер участка или точки сооружения или элемента конструкции;
```

CH 2.01.05-2019

- *m* средний;
- *p* пик, парапет;*ref* базовый;
- *v* скорость ветра;
- *х* параллельно направлению действия ветра;
- по нормали к направлению действия ветра;
- в вертикальном направлении.

2 Расчетные ситуации

- (1)Р Характерные (уместные) ветровые воздействия следует определять для каждой расчетной ситуации, установленной в соответствии с требованиями EN 1990 (3.2).
- (2) В соответствии с EN 1990 (3.2(3)P) другие воздействия (такие как снег, транспорт или лед), которые могут влиять на воздействия ветра, следует учитывать в расчетах.

Примечание — См. также EN 1991-1-3, EN 1991-2 и ISO 12494.

(3) В соответствии с EN 1990 (3.2(3)P) следует учитывать изменения конструкции во время производства строительных работ (например, различные расчетные формы сооружения во время различных этапов строительства, различные динамические характеристики и т. п.), которые могут влиять на воздействия ветра.

Примечание — См. также EN 1991-1-6.

(4) Принимается условие, что в случае шквалистого ветра окна и двери закрыты. В случае открытых окон и дверей необходимо учитывать данную ситуацию как чрезвычайную расчетную.

Примечание — См. также EN 1990 (3.2(2)P).

(5) Для восприимчивых к усталостному разрушению конструкций или их элементов необходимо учитывать усталостные нагрузки вследствие воздействий ветра.

Примечание — Количество циклов загружений см. в приложениях В, С и Е.

3 Моделирование ветровых воздействий

3.1 Общие положения

(1) Ветровые воздействия переменны во времени. Они действуют в форме давления на внешние поверхности наружного ограждения зданий, а вследствие его проницаемости — также и на внутренние поверхности. Возможны также прямые воздействия ветра на внутренние поверхности открытых зданий. Давление ветра действует по нормали к поверхности. В случае обтекания ветром больших поверхностей, следует учитывать силы трения, действующие параллельно расчетным поверхностям.

3.2 Представление ветровых воздействий

(1) Ветровое воздействие представляют упрощенной схемой распределения давлений или усилий, эффекты которых эквивалентны экстремальным воздействиям турбулентного ветра.

3.3 Классификация ветровых воздействий

(1) Если отсутствуют другие указания, то ветровые воздействия следует классифицировать как переменные стационарные, см. EN 1990 (4.1.1).

3.4 Характеристические значения

(1) Ветровые воздействия, рассматриваемые в настоящих строительных нормах, являются характеристическими значениями (см. EN 1990, 4.1.2). Они определяются базовым значением скорости ветра или соответствующим скоростным напором. В соответствии с EN 1990 (4.1.2(7)P) базовые значения — это характеристические значения с годовой вероятностью превышения 0,02, что соответствует среднему периоду повторяемости 50 лет.

Примечание — Все коэффициенты или модели для получения ветровых воздействий из базовых значений следует выбирать таким образом, чтобы вероятность рассчитанного ветрового воздействия не превышала вероятность базовых значений.

3.5 Модели

(1) Воздействие ветра на сооружение (т. е. реакция сооружения) зависит от размера, формы и динамических свойств сооружения. Настоящие строительные номы включают также динамическую реакцию сооружения от продольного (вдоль направления ветра) компонента турбулентности вследствие повышения резонанса с учетом формы основных изгибных колебаний (одинаковое направление колебаний по всей высоте сооружения) параллельно направлению действия ветра.

Реакция сооружения рассчитывается по разделу 5 с применением пикового значения скоростного напора q_p на базовой высоте с учетом аэродинамических коэффициентов усилия или давления, а также конструкционного коэффициента $c_s c_d$ (раздел 6). Значение q_p зависит от климатического режима ветра, шероховатости местности и орографии, а также от базовой высоты. Значение q_p представляет собой сумму среднего скоростного напора и составляющей от кратковременных колебаний давления.

(2) Аэроупругие реакции учитывают, как правило, для гибких конструкций, таких как канаты, мачты, дымовые трубы и мосты.

Примечание — Упрощенные правила определения аэроупругих реакций приведены в приложении Е.

4 Скорость ветра и скоростной напор

4.1 Основы расчета

(1) Скорость ветра и соответствующий ей скоростной напор содержат среднюю составляющую и составляющую колебаний.

Среднюю скорость ветра v_m следует определять из базового значения скорости ветра v_b , зависящего от климатического режима ветра (4.2) и от профиля скорости ветра по высоте. Профиль скорости ветра по высоте зависит от шероховатости местности и орографии (4.3). Пиковое значение скоростного напора определяется в 4.5.

Колебательная составляющая ветра представлена интенсивностью турбулентности в соответствии с 4.4.

Примечание — В разделе «Национальные требования и национально установленные параметры» может содержаться информация о национальном климате, посредством которой можно определять среднюю скорость ветра v_m , пиковое значение скоростного напора q_p и дополнительные значения для основных типов местности.

4.2 Базовое значение скорости ветра

(1)Р Основное значение базовой скорости ветра $v_{b,0}$ является характеристическим значением средней скорости ветра на уровне 10 м над поверхностью земли для открытого типа местности с низкой растительностью (например, такой как трава) и изолированными отдельно стоящими преградами, расстояние между которыми составляет как минимум 20-кратное значение их высот, соответствующее 10-минутному интервалу осреднения независимо от времени года и направления ветра.

Примечание 1 — Данная местность соответствует типу II по таблице 4.1.

Примечание 2 — Основные значения базовой скорости ветра $v_{b,0}$ могут быть указаны в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры».

(2)Р Базовое значение скорости ветра равно

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{\text{season}} \cdot V_{b,0} , \qquad (4.1)$$

где v_b — базовая скорость ветра, определяемая как функция направления ветра и времени года, на высоте 10 м над уровнем земли для типа местности II;

 $V_{b,0}$ — основное значение базовой скорости ветра, см. (1)P;

 $c_{\it dir}$ — коэффициент, учитывающий направление ветра, см. примечание 2;

*c*_{season} — сезонный коэффициент, см. примечание 3.

Примечание 1 — В случае, если влияние высоты над уровнем моря на базовую скорость ветра v_b в указанном базовом значении не учтено, метод учета влияния высоты над уровнем моря может быть указан в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры».

Примечание 2 — Значение коэффициента, учитывающего направление ветра c_{dir} для различных направлений, может быть указано в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемое значение составляет 1.0.

Примечание 3 — Сезонный коэффициент c_{season} может указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемое значение составляет 1,0.

Примечание 4 — Средняя скорость ветра, соответствующая 10-минутному интервалу осреднения, может определяться для годовой вероятности превышения p умножением базового значения скорости ветра v_b по 4.2(2)P на вероятностный коэффициент c_{prob} по формуле (4.2) (см. также EN 1991-1-6).

$$c_{prob} = \left(\frac{1 - K \cdot \ln \cdot (-\ln \cdot (1 - p))}{1 - K \cdot \ln \cdot (-\ln \cdot (0, 98))}\right)^{n}, \tag{4.2}$$

где K — параметр формы, зависящий от коэффициента вариации распределения экстремальных значений; n — экспонента.

Примечание 5 — Значения, применяемые для K и n, могут указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемые значения составляют: K = 0,2 и n = 0,5.

(3) Для временных и всех строящихся сооружений допускается применять сезонный коэффициент c_{season} . Для мобильных сооружений, которые могут использоваться в любое время года, $c_{season} = 1,0$. Примечание — См. также EN 1991-1-6.

4.3 Средняя скорость ветра

4.3.1 Зависимость от высоты

(1) Средняя скорость ветра $v_m(z)$ на высоте z над уровнем земли зависит от шероховатости местности, орографии и базового значения скорости ветра v_b . Она равна

$$V_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot V_b, \tag{4.3}$$

где $c_r(z)$ — коэффициент, учитывающий тип местности в соответствии с 4.3.2;

 $c_{\rm o}(z)$ — орографический коэффициент по 4.3.3.

Примечание 1 — Данные по c_{\circ} могут указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Если орография учтена в базовой скорости ветра, то рекомендуемое значение равно 1,0.

Примечание 2 — Карты или таблицы для определения $v_m(z)$ могут приводиться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры».

(2) Необходимо учитывать влияние близлежащих сооружений на скорость ветра (см. 4.3.4).

4.3.2 Шероховатость местности

- (1) Коэффициент, учитывающий тип местности $c_r(z)$, определяет изменчивость средней скорости ветра $v_m(z)$ в месте расположения сооружения в зависимости от:
 - высоты над уровнем земли;
- шероховатости местности с наветренной стороны сооружения для рассматриваемого направления ветра.

Примечание — Метод определения $c_r(z)$ может указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуется следующий метод, который базируется на логарифмическом законе изменения профиля скорости по высоте.

$$c_r(z)=k_r \ln \left(rac{z}{z_0}
ight)$$
 для $z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$;
$$c_r(z)=c_r\left(z_{\min}
ight)$$
 для $z \leq z_{\min}$,

где z_0 — параметр шероховатости;

 k_r — коэффициент местности, зависящий от параметра шероховатости z_0 по следующей формуле

$$k_r = 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,ii}}\right)^{0.07}$$
, (4.5)

здесь $z_{0,ji}$ — 0,05 м (тип местности II, таблица 4.1);

 z_{\min} — минимальная высота по таблице 4.1;

z_{max} — 200 м.

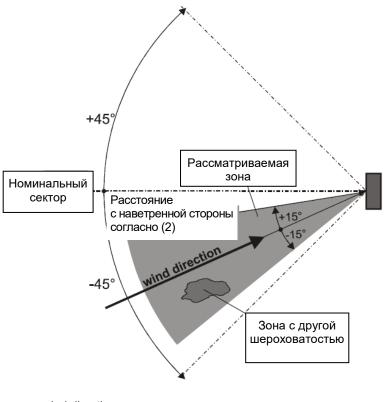
Значения z_0 , z_{min} зависят от типа местности. Рекомендуемые значения указаны в таблице 4.1 для пяти характерных типов местности.

Формула (4.4) верна, если расстояние с наветренной стороны с постоянной шероховатостью местности имеет величину, достаточную для образования стабильного профиля скорости ветра (см. (2)).

Таблица 4.1 — Типы местности и параметры шероховатости

	Тип местности	Z ₀ , M	Z _{min} , M
0	Моря или открытые побережья морей	0,003	1
I	Озера или плоская местность с незначительной растительностью без преград	0,01	1
II	Открытая местность с низкой, как трава растительностью и изолированными отдельно стоящими преградами (деревьями, зданиями), расстояние между которыми составляет как минимум 20-кратное значение их высот	0,05	2
III	Местность с равномерной растительностью или зданиями или преградами, расстояние между которыми не превышает 20-кратного значения их высот (деревни, пригородные зоны, протяженные лесные массивы)	0,3	5
IV	Территории, в пределах которых, по крайней мере, 15 % поверхности покрыто зданиями, высота которых превышает 15 м	1,0	10
	<i>Примечание</i> — Типы местности проиллюстрированы в приложении А.1.		

(2) Шероховатость местности, применяемая для заданного направления ветра, зависит от шероховатости почвы и величины участка наветренной стороны с постоянной шероховатостью местности в определенном угловом диапазоне относительно рассматриваемого направления ветра. Небольшими площадями (менее 10 % рассматриваемой площади) с отличающимися шероховатостями можно пренебречь. См. рисунок 4.1.



wind direction

направление ветра

Примечание — В разделе «Национальные требования и национально установленные параметры» может быть указан угловой диапазон и величина расстояния с наветренной стороны. Рекомендуется угловой диапазон в форме углового сектора 30 $^{\circ}$, т. е. $\pm 15 ^{\circ}$ относительно рассматриваемого направления ветра. Рекомендуемое значение расстояния с наветренной стороны приведено в приложении А (А.2).

- (3) Если для рассматриваемого углового диапазона определен аэродинамический коэффициент давления или усилия, применяют наименьший параметр шероховатости в пределах каждого ветрового сектора 30°.
 - (4) Если внутри рассматриваемого углового диапазона существует два и более типов местности, применяют наименьший параметр шероховатости.

4.3.3 Орография

(1) В случаях, где орография (например, горы, утесы и т. п.) повышает скорость ветра более чем на 5 %, это увеличение необходимо учитывать посредством применения орографического коэффициента *с*₀.

Примечание — Определение с₀ может указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемый метод указан в приложении А (А.3).

(2) Влияниями орографии можно пренебречь, если средний уклон местности с наветренной стороны менее 3°. Величина учитываемого расстояния с наветренной стороны должна превышать 10-кратное значение высоты выступающего орографического элемента.

4.3.4 Влияние более высоких близлежащих зданий

(1) Если сооружение тесно примыкает к другому сооружению, высота которого не менее чем в 2 раза превышает среднюю высоту близлежащей застройки, то в этом случае рассматриваемое сооружение (в зависимости от особенностей сооружения) при определенных направлениях ветра может подвергаться воздействию более высоких скоростей ветра. Данные случаи необходимо учитывать.

Примечание — В разделе «Национальные требования и национально установленные параметры» может быть указан метод учета близлежащей застройки. Рекомендуемое консервативное первое приближение представлено в приложении А (А.4).

4.3.5 Близлежащие здания или преграды

(1) Необходимо учитывать влияние близлежащих зданий или преград.

Примечание — В разделе «Национальные требования и национально установленные параметры» может быть указан метод учета близлежащих зданий или преград. Рекомендуемый метод указан в приложении А (А.5). На местности с высокой шероховатостью близко расположенные, тесно стоящие друг возле друга сооружения изменяют поток ветра вблизи уровня земной поверхности так, как если бы уровень земли был поднят на высоту смещения h_{dis} .

4.4 Турбулентность ветра

(1) Интенсивность турбулентности $I_{\nu}(z)$ на высоте z определена как отношение стандартного отклонения турбулентности к средней скорости ветра.

Примечание 1 — Турбулентная составляющая скорости ветра имеет среднее значение, равное нулю, и стандартное отклонение σ_{v} . Стандартное отклонение турбулентности σ_{v} равно

$$\sigma_{v} = k_{r} V_{b} k_{i} , \qquad (4.6)$$

где k_r — коэффициент местности по формуле (4.5);

 v_b — базовое значение скорости ветра по формуле (4.1);

 k_i — коэффициент турбулентности, см. примечание 2.

Примечание 2 — Для определения $I_{\nu}(z)$ рекомендуется использовать следующее выражение

$$I_{\nu}(z) = \frac{\sigma_{\nu}}{v_{m}(z)} = \frac{k_{i}}{c_{o}(z) \cdot \ln \cdot (z / z_{0})}$$
 для $z_{\min} \le z \le z_{\max};$

$$I_{\nu}(z) = I_{\nu}(z_{\min})$$
 для $z \le z_{\min},$

где k_i — коэффициент турбулентности. Значение k_i может указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемое значение k_i = 1,0;

c_o — орографический коэффициент по 4.3.3;

 z_0 — параметр шероховатости по таблице 4.1.

4.5 Пиковое значение скоростного напора

(1) Следует устанавливать пиковое значение скоростного напора $q_p(z)$ на высоте z, включающее средние и кратковременные изменения (колебания) скорости.

Примечание 1 — В разделе «Национальные требования и национально установленные параметры» могутбыть указаны правила определения $q_p(z)$. Рекомендуемым правилом является:

$$q_{p}(z) = \left[1 + 7 I_{v}(z)\right] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho V_{m}^{2}(z) = c_{o}(z) \cdot q_{b}, \qquad (4.8)$$

где р — плотность воздуха, которая зависит от высоты над уровнем моря, температуры и барометрического давления. Значение должно определяться в соответствии с регионами возникновения урагана;

 $c_{\rm e}(z)$ — коэффициент экспозиции, определяемый по формуле

$$c_{\rm e}(z) = \frac{q_{p(z)}}{q_{\rm b}}$$
, (4.9)

здесь q_b — значение среднего (базового) скоростного напора, определяемое по формуле

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b^2 \,. \tag{4.10}$$

Примечание 2 — Применяемые на национальном уровне значения ρ могут указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемое значение равно 1,25 кг/м³. Примечание 3 — Значение 7 в формуле (4.8) соответствует пиковому коэффициенту k_{ρ} = 3,5 и применяется с аэродинамическими коэффициентами давления и усилия в разделе 7. Для ровной местности при $c_{o}(z)$ = 1,0 (см. 4.3.3) коэффициент экспозиции $c_{e}(z)$ представлен на рисунке 4.2 в виде функции высоты (над местностью) и типа местности (как определено в таблице 4.1).

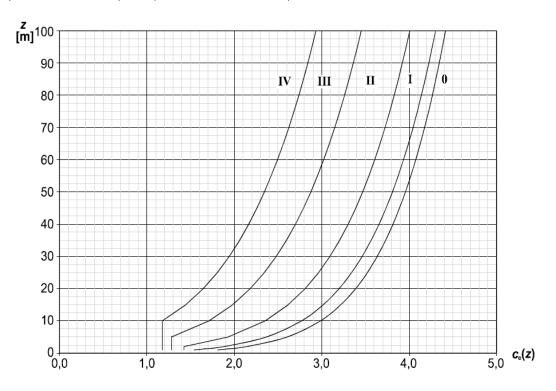


Рисунок 4.2 — Графическое представление коэффициента экспозиции $c_e(z)$ для $c_o = 1,0, k_i = 1,0$

5 Ветровые воздействия

5.1 Общие положения

(1)Р Общие ветровые воздействия на конструкции и конструктивные элементы следует определять с учетом внешнего и внутреннего ветрового давления.

Примечание — Сводка расчетных процедур для определения ветровых воздействий приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 — Методы расчета по определению ветровых воздействий

Параметр	Ссылка
Пиковое значение скоростного напора q_p	
Базовое значение скорости ветра v_b	4.2(2)P
Базовая высота z _e	Раздел 7
Тип местности	Таблица 4.1
Характеристическое пиковое значение скоростного напора $q_{ ho}$	4.5(1)
Интенсивность турбулентности I_{ν}	4.4
Средняя скорость ветра v_m	4.3.1
Орографический коэффициент $c_{ ext{o}}(z)$	4.3.3
Коэффициент, учитывающий тип местности $c_r(z)$	4.3.2
Ветровое давление, например, для покрытий, несущих и ограждающих конструкций	
Аэродинамический коэффициент внешнего давления $c_{ m pe}$	Раздел 7
Аэродинамический коэффициент внутреннего давления $oldsymbol{c}_{pi}$	Раздел 7
Внешнее ветровое давление: w_e = $q_p c_{pe}$	5.2(1)
Внутреннее ветровое давление: w_i = $q_p c_{pi}$	5.2(2)
Ветровая нагрузка, действующая на здания и инженерно-технические сооружения	
Конструкционный коэффициент: $c_{\mathrm{s}}c_{\mathrm{d}}$	Раздел 6
Ветровая нагрузка $F_{\scriptscriptstyle W}$, рассчитанная по аэродинамическим коэффициентам усилия	5.3(2)
Ветровая нагрузка F_{w} , рассчитанная по аэродинамическим коэффициентам давления	5.3(3)

5.2 Ветровое давление на поверхности

(1) Ветровое давление $w_{\rm e}$, действующее на внешние поверхности конструкций здания, следует определять по формуле

$$W_e = q_p(\mathbf{z}_e) \cdot \mathbf{c}_{pe} \,, \tag{5.1}$$

где $q_p(\mathbf{z}_e)$ — пиковое значение скоростного напора ветра;

z_e — базовая высота для внешнего давления по разделу 7;

с_{ре} — аэродинамический коэффициент внешнего давления по разделу 7.

Примечание — Значение $q_p(z)$ определено в 4.5.

(2) Ветровое давление w_i , действующее на внутренние поверхности конструкций здания, следует определять по формуле

$$W_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi} \,, \tag{5.2}$$

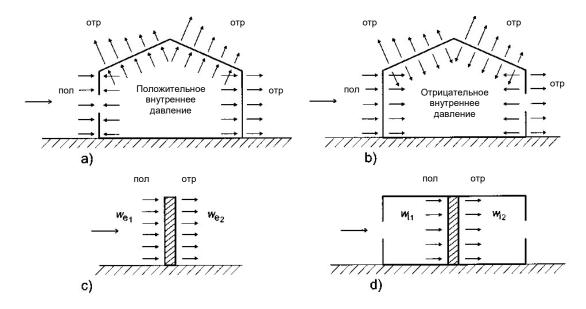
где $q_p(z_i)$ — пиковое значение скоростного напора ветра;

т. — базовая высота для внутреннего давления по разделу 7;

с_{рі} — аэродинамический коэффициент внутреннего давления по разделу 7.

Примечание — Значение $q_p(z)$ определено в 4.5.

(3) Ветровое давление нетто на стену, кровлю или их элементы является результатом внешнего и внутреннего давления. Примеры показаны на рисунке 5.1.



Примечание — Давление на поверхность считается положительным.

Рисунок 5.1 — Давление на поверхности

5.3 Ветровые усилия

- (1) Ветровые усилия для всей конструкции и конструктивных элементов следует определять:
- по расчетным усилиям с использованием коэффициентов усилий (см. (2)) или
- по расчетным усилиям через поверхностные давления (см. (3)).
- (2) Ветровое усилие F_w , действующее на конструкцию или конструктивный элемент, может быть определено непосредственно с использованием формулы

$$F_{w} = c_{s}c_{d} \cdot c_{f} \cdot q_{o}(z_{0}) \cdot A_{ref} \tag{5.3}$$

или векторным сложением (суммированием) ветровых усилий, действующих на отдельные конструктивные элементы, с использованием формулы

$$F_{w,j} = c_s c_d \cdot \sum_{\text{premeuts}} c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{\text{ref}},$$
(5.4)

где $c_s c_d$ конструкционный коэффициент по разделу 6;

— аэродинамический коэффициент усилия для конструкции или конструктивного элемента (по разделу 7 или 8);

— пиковое значение скоростного напора ветра (по 4.5) на базовой высоте z_e (по разделу 7

— базовая площадь конструкции или конструктивного элемента (по разделу 7 или 8). A_{ref}

 Π римечание — В разделе 7 значения коэффициента c_f указаны для таких конструкций или конструктивных элементов, как решетчатые, призматические, цилиндрические конструкции, кровли (покрытия), рекламные щиты и флаги. В разделе 8 значения c_f указаны для мостов. Значения c_f включают в себя влияние трения.

(3) Ветровое усилие F_w , действующее на конструкцию или конструктивный элемент, может быть определено векторным сложением сил $F_{w,e}$, $F_{w,l}$ и F_{fr} . Силы $F_{w,e}$ и $F_{w,l}$ рассчитывают из наружных и внутренних давлений, используя формулы (5.5) и (5.6). Силы трения, действующие параллельно наружной поверхности конструкций, рассчитывают по формуле (5.7).

Усилие $F_{w,e}$, действующее на внешнюю (наружную) поверхность здания, равно

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot \sum_{\text{поверхность}} w_e A_{\text{ref}}. \tag{5.5}$$

Усилие $F_{w,i}$, действующее на внутреннюю поверхность здания, равно

$$F_{w,i} = \sum_{\text{posenvision Th}} w_i \cdot A_{\text{ref}} . \tag{5.6}$$

Сила трения F_{fr} определяется по формуле

$$F_{fr,i} = c_{fr,i} \cdot q_p(z_e)_i \cdot A_{ref}, \qquad (5.7)$$

где $c_s c_d$ — конструкционный коэффициент по разделу 6;

 $w_{\rm e}$ — внешнее (наружное) ветровое давление на отдельную поверхность на высоте $z_{\rm e}$, определяемое по формуле (5.1);

 w_i — внутреннее ветровое давление на отдельную поверхность на высоте z_i , определяемое по формуле (5.2);

 A_{ref} — базовая площадь отдельной поверхности конструкции или конструктивного элемента;

 c_{fr} — коэффициент трения, получаемый согласно 7.5;

А_{fr} — площадь наружной поверхности, параллельной направлению действия ветра получаемая согласно 7.5.

Примечание 1 — Для элементов (например, стен, покрытий) ветровое усилие принимается равным разнице (разности) между наружными и внутренними результирующими усилиями.

Примечание 2 — Силы трения F_{fr} действуют в направлении ветровой составляющей, параллельной наружной поверхности.

- (4) Эффектами трения на поверхности конструкции или конструктивного элемента можно пренебречь, если общая площадь всех параллельных направлению действия ветра поверхностей (и площади с незначительным угловым отклонением от параллельности) равна или менее четырехкратной величины всех площадей, перпендикулярных направлению ветра (наветренная и подветренная сторона).
- (5) При сложении ветровых усилий, действующих на сооружение, допускается учитывать отсутствие корреляции давления ветра с наветренной и подветренной сторон.

Примечание — В разделе «Национальные требования и национально установленные параметры» может быть допущено, что отсутствие корреляции может быть применено в общем или ограничено для стен, как это применяется в 7.2.2(3). Рекомендуется рассматривать отсутствие корреляции только для стен (см. 7.2.2(3)).

6 Конструкционный коэффициент c_sc_d

6.1 Общие положения

Конструкционный коэффициент $c_s c_d$ учитывает возможность неодновременного возникновения пиковых значений скоростного напора ветра по всей поверхности (составляющая c_s), а также влияние резонансных колебаний сооружения вследствие турбулентности ветра (составляющая c_d).

Примечание — В соответствии с требованиями 6.3 конструкционный коэффициент можно подразделить на масштабный (размерный) коэффициент c_s и динамический коэффициент c_d . Информация о том, допустимо ли разделение конструкционного коэффициента, может быть дана в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры».

6.2 Определение $c_s c_d$

- (1) Значение коэффициента $c_s c_d$ допускается определять следующим образом:
- а) для здания высотой h < 15 м допускается принимать $c_s c_d = 1$;
- b) для фасадов и элементов покрытия, имеющих собственную частоту колебаний более 5 Гц, допускается принимать $c_s c_d = 1$;
- с) для каркасных зданий, которые имеют несущие стены и высота которых менее 100 м и не превышает четырехкратного размера здания по нормали к направлению действия ветра, допускается принимать $c_s c_d = 1$;
- d) для дымовых труб с круглым поперечным сечением и высотой h < 60 м или $h < 6.5 \cdot d$ (где d диаметр), допускается принимать $c_s c_d = 1$;
 - e) в случаях a-d значения $c_s c_d$ допускается определять в соответствии с 6.3.1;

f) для инженерных сооружений (за исключением мостов, рассматриваемых в разделе 8) дымовых труб и сооружений, на которые не распространяется c) и d), коэффициент $c_s c_d$ определяют по 6.3.

Примечание 1 — Собственные частоты колебаний фасадов и элементов покрытий могут быть рассчитаны по приложению F (остекленные поверхности с пролетом менее 3 м имеют обычно собственную частоту, превышающую 5 Гц).

Примечание 2 — На рисунках в приложении D представлены ориентировочные значения $c_s c_d$ для различных типов конструкций. На рисунках даны огибающие безопасных значений, рассчитанных с применением моделей с учетом требований 6.3.1.

6.3 Подробный метод

6.3.1 Конструкционный коэффициент $c_s c_d$

(1) Подробная процедура для конструкционного коэффициента $c_s c_d$ дается в выражении (6.1). Условием применения является соблюдение условий 6.3.1(2).

$$c_s c_d = \frac{1 + 2k_\rho I_\nu(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7I_\nu(z_s)},$$
(6.1)

где z_s — базовая высота для определения конструкционного коэффициента, см. рисунок 6.1. Для сооружений, к которым рисунок 6.1 не применим, применяют $z_s = h$, где h — высота сооружения;

 k_p — пиковый коэффициент как отношение максимального значения пульсационной составляющей реакции сооружения к его стандартному отклонению;

 I_{ν} — интенсивность турбулентности по 4.4;

 B^2 — фоновая составляющая реакции, учитывающая отсутствие полной корреляции давления на поверхность конструкции;

 R^2 — резонансная составляющая реакции, учитывающая резонансные колебания с учетом формы колебаний вследствие турбулентности.

Примечание 1 — Масштабный (размерный) коэффициент c_s учитывает снижение эффекта от ветрового воздействия в результате неодновременного появления пиковых значений скоростного напора ветра на поверхности и может рассчитываться следующим образом:

$$c_s = \frac{1 + 7I_v(z_e) \cdot \sqrt{B^2}}{1 + 7I_v(z_e)}.$$
 (6.2)

Примечание 2 — Динамический коэффициент c_d учитывает влияние резонансных колебаний сооружения вследствие турбулентности ветра и может рассчитываться следующим образом:

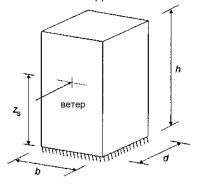
$$c_{d} = \frac{1 + 2k_{\rho}I_{\nu}(z_{e}) \cdot \sqrt{B^{2} + R^{2}}}{1 + 7I_{\nu}(z_{e}) \cdot \sqrt{B^{2}}}.$$
(6.3)

Примечание 3 — Метод определения k_p , B и R может быть указан в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемый метод указан в приложении B. Альтернативный метод приведен в приложении C. В сравнении с приложением B, при определении $c_s c_d$ с использованием приложения C получают значения, превышающие первоначальные не более чем на 5 %.

- (2)Р Подробная процедура по выражению (6.1) применяется при выполнении следующих условий:
- конструкция здания соответствует одной из форм, показанных на рисунке 6.1;
- основная форма изгибных колебаний в направлении действия ветра является определяющей и приводит к перемещениям только в одном направлении при отсутствии изменения знака.

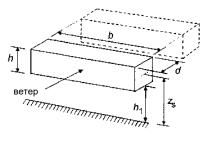
Примечание — Второй и последующими формами изгибных колебаний в направлении действия ветра можно пренебречь.

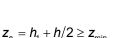
а) вертикальные сооружения, такие как здания и т. п.

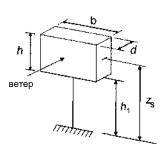


 $z_e = 0.6 \cdot h \ge z_{\min}$

- b) горизонтальные конструкции типа балок и т. п.
- с) отдельно стоящие сооружения типа рекламных щитов и т. п.







 $z_0 = h_1 + h/2 \ge z_{\min}$

Примечание — Ограничения применения см. также в 1.1(2).

Рисунок 6.1 — Общие формы конструкций, на которые распространяется расчетная процедура. Также показаны применяемые конструктивные размеры и базовая высота

6.3.2 Оценка эксплуатационной пригодности

(1) Для оценки эксплуатационной пригодности следует использовать максимальное перемещение по направлению ветра и стандартное отклонение характеристического ускорения, рассчитанные на высоте z сооружения. Для определения максимального перемещения в направлении действия ветра следует использовать эквивалентное статическое ветровое усилие, определяемое по 5.3.

Примечание — Метод определения перемещения и стандартного отклонения ускорения в направлении действия ветра может указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемый метод приведен в приложении В. Альтернативный метод приведен в приложении С.

6.3.3 Бафтинг в спутной струе

- (1) Для гибких сооружений (h/d > 4) и дымовых труб (h/d > 6,5) с рядовой или групповой застройкой следует учитывать влияние повышенной турбулентности вследствие инерционной турбулентности близлежащих сооружений (бафтинг в спутной струе).
 - (2) Влияние бафтинга в спутной струе можно не учитывать, если выполнено одно из следующих условий:
- расстояние между двумя зданиями или дымовыми трубами больше 25-кратного значения размера, определенного в сечении, нормальном к направлению действия ветра, здания или дымовой трубы, расположенных с наветренной стороны;
- собственная частота изгибных колебаний зданий, расположенных с подветренной стороны, превышает 1 Гц.

Примечание — Для случаев за пределами распространения действия 6.3.3(2) рекомендуются специальные исследования.

7 Аэродинамические коэффициенты давления и усилий

7.1 Общие положения

- (1) Данный раздел следует применять для определения соответствующих аэродинамических коэффициентов конструкций. В зависимости от формы сооружения аэродинамические коэффициенты подразделяются на:
 - коэффициенты внутреннего и наружного давления. см. 7.1.1(1):
 - коэффициенты давления нетто, см. 7.1.1(2);
 - коэффициенты трения, см. 7.1.1(3);
 - коэффициенты усилия, см. 7.1.1(4).

7.1.1 Определение аэродинамических коэффициентов

- (1) Коэффициенты давления следует устанавливать для:
- конструкций зданий в виде коэффициентов внутреннего и наружного давления, используя указания 7.2;
- круговых цилиндров в виде коэффициентов внутреннего давления, определенных в соответствии с 7.2.9, и коэффициентов наружного давления в соответствии с 7.9.1.

Примечание 1 — Коэффициенты наружного давления учитывают ветровое воздействие на наружные поверхности здания, а коэффициенты внутреннего давления — ветровое воздействие на внутренние поверхности.

- (2) Коэффициенты давления нетто следует определять для:
- отдельно стоящих навесов в соответствии с 7.3;
- отдельно (свободно) стоящих стен, парапетов и ограждений в соответствии с 7.4.

Примечание — Коэффициенты давления нетто дают результирующий эффект от воздействия ветра на конструкцию, конструктивный элемент или компонента на единицу площади.

- (3) Коэффициенты трения следует назначать для стен и поверхностей, определенных в 5.3(3) и (4), учитывая требования 7.5.
 - (4) Коэффициенты трения следует назначать для:
 - рекламных щитов в соответствии с 7.4.3;
 - элементов конструкций с прямоугольным поперечным сечением в соответствии с 7.6;
 - элементов конструкции с острыми кромками в поперечном сечении в соответствии с 7.7;
- элементов конструкции с поперечным сечением в виде правильного многоугольника в соответствии с 7.8;
 - круговых цилиндров в соответствии с 7.9.2 и 7.9.3;
 - куполов в соответствии с 7.10;
 - решетчатых конструкций и лесов в соответствии с 7.11;
 - флагов в соответствии с 7.12.

Понижающий коэффициент, зависящий от эффективной гибкости конструкции, может быть применен в соответствии с 7.13.

Примечание — Коэффициенты усилия описывают результирующую силу ветра, действующую на конструкции или конструктивные элементы, включая силу трения, если ее специально не исключают.

7.1.2 Ассиметричные и уравновешивающие (противодействующие) давления и силы

- (1) Если кратковременные воздействия ветра вызывают существенные асимметричные нагрузки, а конструктивная форма чувствительна к таким нагрузкам (например, при кручении симметричных зданий только с одним ядром жесткости), то этот эффект следует учитывать в расчете.
 - (2) Для отдельно стоящих навесов и рекламных щитов следует применять 7.3 и 7.4.

Примечание — В разделе «Национальные требования и национально установленные параметры» могут быть указаны методы для других конструкций. Рекомендуются следующие методы:

- а) для конструкций прямоугольной формы, являющихся чувствительными к эффектам от кручения, следует применять распределение давления в соответствии с рисунком 7.1, для представления крутильных эффектов, вызванных тем, что набегающий поток расположен под углом или отсутствует корреляция между ветровыми усилиями, действующими на различные участки конструкции;
- b) для других случаев как допущение для несимметричного нагружения может быть выполнено полное перемещение (удаление) расчетного ветрового воздействия из тех частей конструкций, где эти воздействия создают благоприятный эффект.

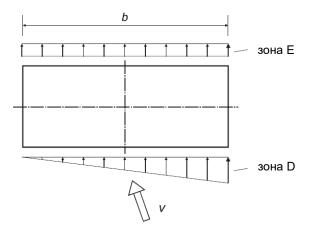


Рисунок 7.1 — Распределение давления для учета влияния кручения. Зоны давления и коэффициенты давления указаны в таблице 7.1 и на рисунке 7.5

7.1.3 Влияния льда и снега

(1) Если лед или снег вызывают изменение габаритных размеров конструктивных элементов, так что изменяется базовая площадь или форма, то это обстоятельство необходимо учитывать при расчетах.

Примечание — Дополнительная информация может быть включена в раздел «Национальные требования и национально установленные параметры».

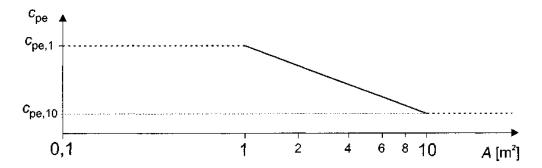
7.2 Аэродинамические коэффициенты давления для зданий

7.2.1 Общие положения

(1) Коэффициенты наружного давления c_{pe} для зданий и его частей зависят от размера загруженной площади A, которая является площадью конструкции, создающей ветровое воздействие в сечении, которое рассчитывается. Они указываются в таблицах, распространяющихся на соответствующую форму зданий, для площадей 1 м² и 10 м² как $c_{pe,1}$ и $c_{pe,10}$ соответственно.

Примечание 1 — Значения $c_{pe,1}$ служат для проектирования малых элементов конструкций и их анкерных креплений с площадью, воспринимающей нагрузку, не превышающей 1 м², например элементы наружного ограждения и кровли. Значения $c_{pe,10}$ используются для расчета всей конструкции.

Примечание 2 — В разделе «Национальные требования и национально установленные параметры» может быть дана процедура для расчета коэффициентов наружного давления для грузовых площадей более 1 м². На рисунке 7.2 представлен рекомендуемый метод для площадей св. 10 м².



На рисунке представлена следующая зависимость для 1 $\text{m}^2 < A < 10 \text{ m}^2$

$$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10})\log_{10}A.$$

Рисунок 7.2 — Коэффициенты внешнего давления для зданий в зависимости от воспринимающей нагрузку площади A

- (2) Значения коэффициентов $c_{pe,10}$ и $c_{pe,1}$ в таблицах 7.1–7.5 следует использовать для ортогональных направлений набегающего потока 0° , 90° и 180° , и они отражают самое неблагоприятное значение в пределах диапазона θ = $\pm 45^\circ$ для указанного ортогонального направления набегающего потока.
- (3) Для свесов покрытия (крыши) давления на нижней стороне можно принять соответствующими значению в зоне примыкающей поверхности стены, на верхней стороне давлению в зоне граничащей поверхности кровли (рисунок 7.3).

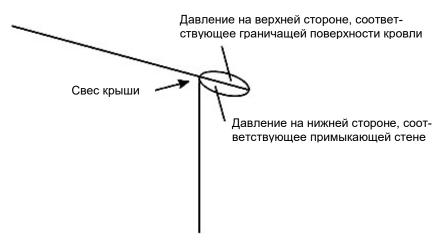
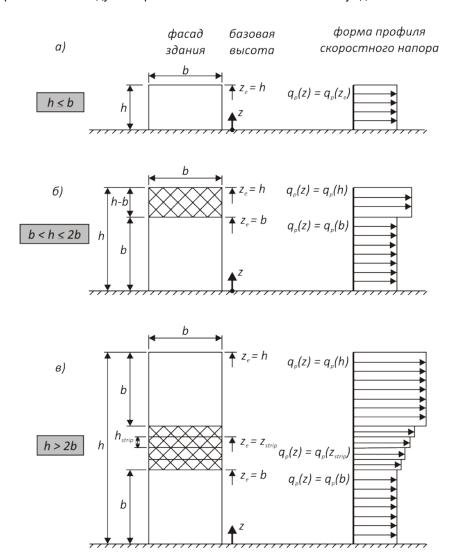


Рисунок 7.3 — Давления при свесе крыши

7.2.2 Вертикальные стены прямоугольных в плане зданий

- (1) Для наветренных стен прямоугольных в плане зданий (зона D на рисунке 7.5) наружные давления по высоте здания допускается устанавливать дифференцированно согласно рисунку 7.4. Принимается, что давление в горизонтальных полосах на рисунке 7.4 по высоте распределено равномерно. В качестве базовой высоты *z*₂ для скоростного напора рассматриваемой полосы применяют высоту до его верхней отметки. Дифференцирование осуществляется в зависимости от отношения высоты здания к его ширине *h/b* следующим образом:
 - для зданий с h ≤ b принимается одна полоса высотой h;
- для зданий с $b < h \le 2 \cdot b$ принимается нижняя полоса высотой b, а также верхняя полоса высотой (h - b);
- для зданий с $h > 2 \cdot b$ принимается нижняя полоса высотой b, а также верхняя полоса высотой b, находящаяся между отметками (h-b) и h. Промежуточная зона подразделяется на соответствующее число дополнительных полос высотой h_{strip} , см. рисунок 7.4.

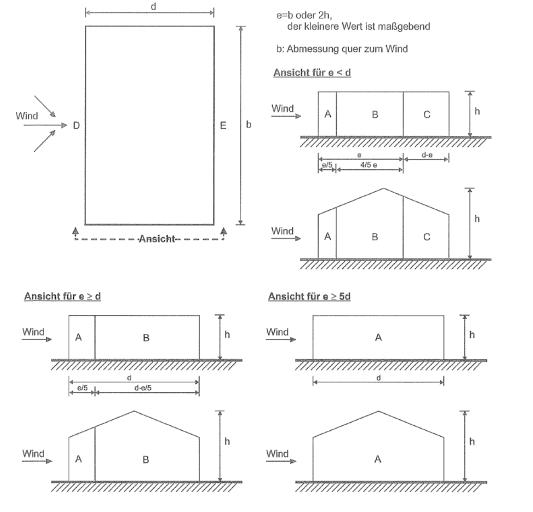
Примечание — Правила распределения скоростного напора на подветренные стороны стен параллельно направлению действия ветра (зоны A, B, C и E, см. рисунок 7.5) могут указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры» или могут устанавливаться конкретно для строительного проекта. Рекомендуется принимать в качестве базовой высоту здания.



Примечание — Скоростной напор следует принимать равномерно распределенным для каждой горизонтальной полосы.

Рисунок 7.4 — Базовая высота z_e в зависимости от h и b и профиля скоростного напора

(2) Коэффициенты наружного давления $c_{pe,10}$ и $c_{pe,1}$ для зон A–E определены на рисунке 7.5.



Grundriss Wind Ansicht

e = b oder 2h, der kleinere Wert ist massgebend

Grundriss

b: Abmessung quer zum Wind

Ansicht fur

План Ветер

Вид

e = b или 2h, определяющим является меньшее значение

b: размер конструкции по нормали к направлению действия ветра

Вид сбоку для

Рисунок 7.5 — К распределению давления для вертикальных стен

Примечание 1 — Значения $c_{pe,10}$ и $c_{pe,1}$ могут указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемые значения указаны в таблице 7.1 в зависимости от отношения h/d. Для промежуточных значений допускается линейная интерполяция. Значения, представленные в таблице 7.1, распространяются также на здания со скатными покрытиями, например, для двускатных или односкатных покрытий.

Таблица 7.1 — Коэффициенты внешнего давления для вертикальных стен прямоугольных в плане зданий

Зона	А		В		С		D		E	
h/d	C _{pe,10}	C _{pe,1}	<i>C</i> _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0	-0,5		+1,0	-0,5	
≤0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-),5

Примечание 2 — Для зданий с h/d > 5 результирующая ветровая нагрузка определяется на основании коэффициентов усилий по 7.6 - 7.8 и 7.9.2.

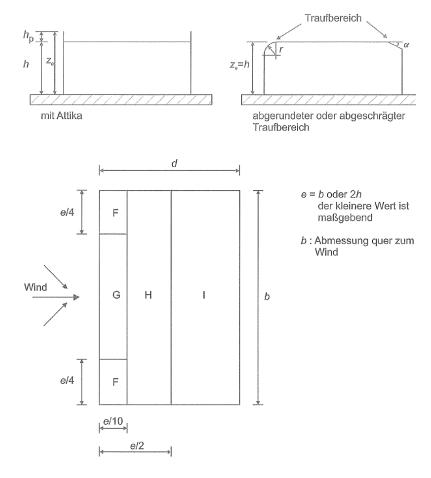
(3) В случаях, когда ветровое усилие на конструкции зданий определяется через применение коэффициентов давления c_{pe} наветренной и подветренной сторон здания одновременно, отсутствие корреляции между ветровым давлением на наветренные и подветренные стороны (зоны D и E) может учитываться в расчете.

Примечание — Отсутствие корреляции между ветровыми давлениями на наветренной и подветренной сторонах допускается учитывать следующим образом: для зданий с $h/d \ge 5$ результирующее усилие умножается на 1, для зданий с $h/d \le 1$ результирующее усилие допускается умножать на коэффициент 0,85. Для промежуточных значений h/d допускается линейная интерполяция.

7.2.3 Плоские покрытия

- (1) Плоские покрытия это покрытия, имеющие уклон менее $\pm 5^{\circ}$.
- (2) Покрытие следует разделять на зоны.

Примечание — Зоны могут быть установлены в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемые зоны показаны на рисунке 7.6.



mit Attika
Traufbereich
abgerundeter oder abschragter Traufbereich
Wind
e = b oder 2h, der kleinere Wert ist massgebend

b: Abmessung quer zum Wind

С парапетом Зона свеса крыши

Свес крыши со скругленными или острыми углами Ветер

e = b или 2h, определяющим является меньшее значение

b: размер конструкции по нормали к направлению действия ветра

Рисунок 7.6 — К распределению давления для плоских покрытий

- (3) Базовую высоту z_e для плоских покрытий со свесом крыши со скругленными или острыми углами или мансардным свесом крыши применяют равной h, для плоских покрытий с парапетом в соответствии с рисунком 7.6 применяют $z_e = h + h_p$.
 - (4) Коэффициент наружного давления должен быть определен для каждой зоны.

Примечание 1 — Коэффициенты наружного давления могут быть установлены в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемые значения приведены в таблице 7.2. Примечание 2 — Коэффициент давления нетто для парапета следует определять в соответствии с 7.4.

Таблица 7.2 — Рекомендуемые значения коэффициентов наружного давления для плоских покрытий

	Зона									
Тип покрыти:	я (крыши)	F		G		Н		I		
		<i>C</i> _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	<i>C</i> _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	
Свес крыши углами	с острыми	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2),2	
,),2	
С парапетом	$h_p/h = 0.025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2		,2	
								_C),2	
	$h_p/h = 0.05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2),2	
	ρ	,	, -	- , -	, -	- ,	,	-C),2	
	$h_p/h = 0.10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0	,2	
	ηρη 0,10	1,2	1,0	0,0	1,4	0,7	1,2	_c),2	
Свес крыши	<i>r/h</i> = 0,05	-1,0 -1,5		-1,2	-1,8	-0,4		+0,2		
со скруглен- ными углами	1/11 - 0,03	-1,0	-1,5	-1,2	-1,0	_(J, 4	-0,2		
	<i>r/h</i> = 0,10	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4),3	+0,2		
	1711 - 0,10	0,1	1,2	0,0	1,-		,,,	_C	,2	
	r/h=0,20	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	_(),3	+0),2	
	0,20		0,0	0,0	0,0	0,0		-0,2		
Мансардный	α = 30°	-1,0	– 1,5	-1,0	–1,5		1.3	+0,2		
свес крыши	u – 30	1,0	1,0	1,0	1,0		-0,3		,2	
	α = 45°	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9		1 4	+0),2	
	u – 40	1,2	1,0	1,0	1,5		-0,4		,2	
	α = 60°	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9),5	+0),2	
	α – 00	-1,5	-1,9	-1,5	-1,9		,,,	-0,2		

Примечание 1 — Для зон покрытия с парапетом или со свесом крыши со скругленными углами для промежуточных значений h_p/h и r/h допускается линейная интерполяция.

Примечание 2 — Для зон мансардного свеса крыши для промежуточных значений α между α = 30°, 45° и 60° допускается линейная интерполяция. Для α > 60° допускается линейная интерполяция между значениями для α = 60° и значениями для плоских покрытий с зоной свеса крыши с острыми углами.

Примечание 3 — В зоне I, для которой указываются положительные и отрицательные значения, следует учитывать оба значения.

Примечание 4 — Коэффициенты внешнего давления для мансардного свеса крыши приведены в таблице 7.4а с направлением набегающего потока θ = 0°, зона F и G, в зависимости от угла уклона крыши мансардного типа. Примечание 5 — Для свеса крыши со скругленными углами коэффициенты внешнего давления определяются линейной интерполяцией по кривой между значениями вертикальной стены и покрытия.

Примечание 6 — Для мансардного свеса крыши с горизонтальным размером менее *e*/10 следует использовать значения для свеса крыши с острыми углами. Значение *e* определяют в соответствии с указаниями, приведенными на рисунке 7.6.

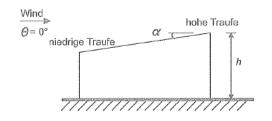
7.2.4 Односкатные покрытия

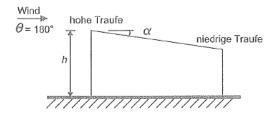
(1) Покрытие, включая свесы крыши, следует разделять на зоны.

Примечание — Зоны могут быть установлены в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемые зоны показаны на рисунке 7.7.

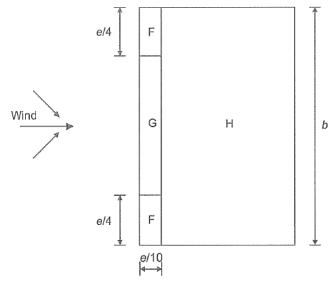
- (2) Базовую высоту z_e следует принимать равной $z_e = h$.
- (3) Коэффициенты наружного давления следует определять для каждой зоны.

Примечание — Коэффициенты наружного давления могут быть установлены в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемые значения приведены в таблицах 7.3а и 7.3b.





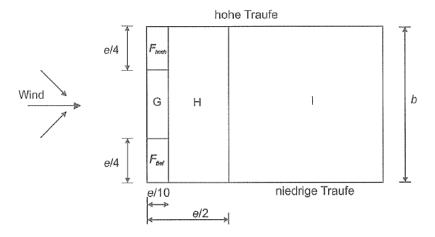
(a) allgemein



(b) Anströmrichtung θ = 0° und θ = 180°

e = b oder 2h
 der kleinere Wert ist
 maßgebend

b : Abmessung quer zum Wind



(c) Anströmrichtung θ = 90°

Wind niedrige Traufe hohe Traufe (a) allgemein Anstromrichtung

e = b oder 2h, der kleinere Wert ist massgebend

b: Abmessung quer zum Wind

Ветер Низкий свес крыши

Высокий свес крыши (а) общий случай

Направление набегающего потока

 $e=\stackrel{\cdot}{b}$ или 2h, определяющим является меньшее значение

b: размер конструкции по нормали к направлению действия ветра

Рисунок 7.7 — К распределению давления для односкатных покрытий

Таблица 7.3а — Рекомендуемые значения коэффициентов наружного давления для односкатных покрытий

V	Зона для направления набегающего потока θ = 0°							Зона для направления набегающего потока θ = 180°					
Угол уклона α	F	=	G		Н		F		G		Н		
	C pe,10	C pe,1	C pe,10	C _{pe,1}	C pe,10	C _{pe,1}	C pe,10	C _{pe,1}	C pe,10	C _{pe,1}	C pe,10	C _{pe,1}	
5 0	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	0.0	2.5	4.0	2.0	0.0	10	
5°	+0,0		+0,0		+(),0	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2	
450	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-(),3	0.5	0.0	4.0		0.0	4.0	
15°	+0,2		+0,2		+(),2	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	
200	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-(),2	4.4	0.0	0.0	4.5	,		
30°	+0,7		+0,7		+0,4		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8		
450	-0,0 +0,7		-0,0		-0,0		-0,6		0.5				
45°			+0,7		+(+0,6		-1,3	_(),5	_(),7	
60°	+0,7 ++		+(),7	+(),7	-0,5	-1,0	-0,5		-0,5		
75° +0),8	+(),8	+0),8	-0,5	-1,0	-(-0,5 -0,5),5	

Таблица 7.3b — Рекомендуемые значения коэффициентов наружного давления для односкатных покрытий

	Зона для направления набегающего потока θ = 90°												
Угол уклона $lpha$	F _{hoch}		F _{tief}		G		Н		I				
	C _{pe,10}	C pe,1	C _{pe,10}	C pe,1	C pe,10	C pe,1	C pe,10	C pe,1	C pe,10	C pe,1			
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5				
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2			
30°	-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2			
45°	-1,5	-2,4	-1,3	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2			
60°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,7	-1,2			
75°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,5				

Примечание 1 — Для направления набегающего потока θ = 0° (см. таблицу 7.3a) и для углов уклона от α = +5° до α = +45° происходит быстрое изменение давления от положительных к отрицательным значениям, поэтому указываются как положительные, так и отрицательные значения. Для таких покрытий оба случая необходимо учитывать отдельно: 1) только положительные значения и 2) только отрицательные значения. Сочетание положительных и отрицательных значений для одной и той же поверхности покрытия не допускается. Примечание 2 — Для уклона крыши между указанными значениями допускается линейная интерполяция, в случае если знак коэффициента давления не меняется. Значение, равное нулю, указано в целях интерполяции.

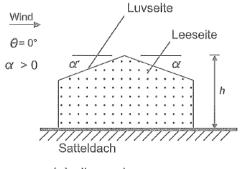
7.2.5 Двускатные покрытия

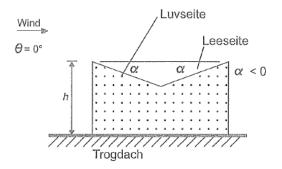
(1) Покрытие, включая свесы крыши, следует разделять на зоны.

Примечание — Зоны могут быть установлены в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемые зоны показаны на рисунке 7.8.

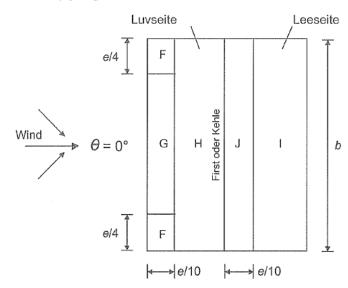
- (2) Базовую высоту z_e следует принимать равной h.
- (3) Коэффициенты наружного давления должны быть определены для каждой зоны.

Примечание — Коэффициенты наружного давления могут быть установлены в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемые значения приведены в таблицах 7.4a и 7.4b.





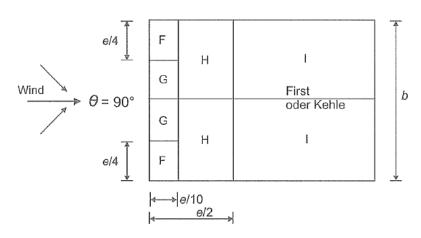
(a) allgemein



(b) Anströmrichtung $\theta = 0^{\circ}$

e = b oder 2hder kleinere Wert ist maßgebend

b: Abmessung quer zum Wind



(c) Anströmrichtung $\theta = 90^{\circ}$

Wind	Ветер
Luvseite	Наветренная сторона
Leeseite	Подветренная сторона
(a) allgemein	(а) общий случай
e = b oder $2h$	der kleinere Wert ist massgebei

b: Abmessung quer zum Wind

Satteldach Двухскатное покрытие Trogdach Покрытие корытообразного сечения First oder Kehle Конек или желоб Anstromrichtung Направление набегающего потока e = b или 2h, определяющим является меньшее значение b: размер конструкции по нормали к направлению действия

Рисунок 7.8 — К распределению ветрового давления для двухскатных покрытий

ветра

Таблица 7.4а — Рекомендуемые значения коэффициентов наружного давления для двускатных покрытий

	Зона для направления набегающего потока θ = 0°													
Угол уклона $lpha$	ı	=	(G	ŀ	1	I		J					
	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C pe,1	C pe,10	C pe,1	C pe,10	C pe,1				
–45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5				
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0),8	-0	-0,6		-1,4				
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0),5	-0,7	-1,2				
5 0	2.2	2.5	4.0	2.0	0.0		+0,2		+0,2					
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,6		-0,6					
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2		\ 6	+0,2					
5-	+0,0		+0,0		+0,0		-0,6		-0,6					
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-(),3	-0,4		-1,0	-1,5				
15-	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0				
200	-0,5	5 –1,5 –0,5 –1,5		-0,2		-0,4		-0,5						
30°	+0,7		+0,7		+0,7		+0,0		+0,0					
450	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3					
45°	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0					
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3					
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3					

Примечание 1 — Для направления набегающего потока θ = 0° (см. таблицу 7.3a) и углов уклона от α = +5° до α = +45° происходит быстрое изменение давления от положительных к отрицательным значениям, поэтому указывают как положительные, так и отрицательные значения. Для таких покрытий необходимо учитывать четыре случая, при которых комбинируются соответственно наименьшие или наибольшие значения для зон F, G и H с наименьшим или наибольшим значениями зон I и J. Сочетание положительных и отрицательных значений на одной и той же поверхности покрытия не допускается.

Примечание 2 — Для уклонов крыши между указанными значениями допускается линейная интерполяция, в случае если знак коэффициента давления не меняется. (Между значениями α = +5° и α = -5° интерполяция не допускается, вместо этого необходимо использовать значения для плоских покрытий по 7.2.3). Значение «нуль» указано в целях интерполяции.

Таблица 7.4b — Рекомендуемые значения коэффициентов наружного давления для двускатных покрытий

	Зона для направления набегающего потока θ = 90°												
Угол уклона $lpha$	I	F	(3	ŀ	1	I						
	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}					
–45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2					
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2					
–15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2					
–50°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2					
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0),6					
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	_C),5					

3@ФФициальное электронное издание. Приобретено УП "МИНСКИНЖПРОЕКТ". Период доступа: 04.01.2024 - 29.12.2024. Пользователь: При копировании или воспроизведении на бумажном носителе является копией официального электронного издания Текст открыт: 01.10.2024

	Зона для направления набегающего потока θ = 90°												
Угол уклона α	I	F	(3	ŀ	1	I						
	C _{pe,10}		<i>C</i> _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	<i>C</i> _{pe,10}	C _{pe,1}					
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5						
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	– C),5					
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5						
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5						

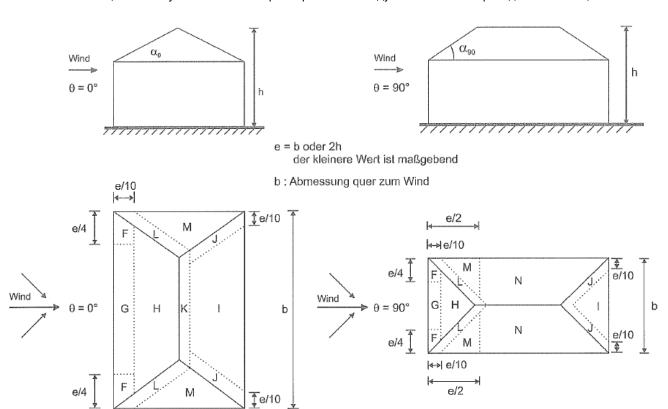
7.2.6 Вальмовые покрытия

(1) Покрытие, включая свесы крыши, следует разделять на зоны.

Примечание — Зоны могут быть установлены в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемые зоны показаны на рисунке 7.9.

- (2) Базовую высоту z_e следует принимать равной h.
- (3) Коэффициенты наружного давления должны быть определены для каждой зоны.

Примечание — Коэффициенты наружного давления могут быть установлены в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемые значения приведены в таблице 7.5.



(a) Anströmrichtung θ=0°

e/10

Wind

e = b oder 2h, der kleinere Wert ist massgebend

b: Abmessung quer zum Wind

Anstromrichtung

(b) Anströmrichtung θ=90°

Ветер

e = b или 2h, определяющим является меньшее значе-

b: размер конструкции по нормали к направлению действия ветра

Направление набегающего потока

Рисунок 7.9 — К распределению давления для вальмовых покрытий

Таблица 7.5 — Рекомендуемые значения коэффициентов наружного давления для вальмовых покрытий

Угол уклона	Зона для направления набегающего потока θ = 0° и θ = 90°																	
α_0 для $\theta = 0^\circ$,	F	=	(3	ŀ	1	1		J		K		L		М		١	7
α ₉₀ для θ = 90°	<i>C</i> _{pe,10}	c _{pe,1}	<i>C</i> _{pe,10}	c _{pe,1}	<i>C</i> _{pe,10}	C _{pe,1}	<i>C</i> _{pe,10}	c _{pe,1}	<i>C</i> _{pe,10}	C _{pe,1}	<i>C</i> _{pe,10}	C _{pe,1}	<i>c</i> _{pe,10}	<i>C</i> _{pe,1}	<i>C</i> _{pe,10}	C _{pe,1}	<i>C</i> _{pe,10}	C _{pe,1}
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2		-0,3		-0,6		-0,6		-2,0	-0,6	-1,2	0	1.4
5	+0	0,0	+0	0,0	+0),0	_(-0,4	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	– C),3	,	-0,5		15	1 2	2 -2,0	-1,4	2.0	0.6	,6 –1,2	_o	1 2
13	+0),2	+0),2	+0),2	_(-1,5	-1,2			2,0	-0,0		-0	7,3
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	– C),2	,	-0,4		-1,2		5 11	-2,0 -	Λ Q	1 2	_o	12	
30	+0),5	+0),7	+0),4	_(7,4	-0,7	-1,2	-0,5		-1,4	-2,0	20,0	-1,2	-0	J,∠
45°	-0	0,0	– C	0,0	– C),0	,	-0,3		0.6		0.2		-2,0		1.0	-0,2	12
40	+0),7	+0),7	+0),6	_(,,,	-0,6		-0,3		-1,3	-2,0	-0,0	-1,2	0,2	J,Z
60°	+0),7	+0),7	+0,7		-0),3	-0,6		-0,3		-1,2	-2,0	-2,0 -0,4		-0,2	
75°	+0),8	+0),8	+0	+0,8		-0,3		-0,6 -0),3	-1,2	-2,0	-0),4	-0),2

Примечание 1 — Для направления набегающего потока θ = 0° и угла уклона от α = +5° до α = +45° давление с наветренной стороны происходит быстрое изменение давления от положительных к отрицательным значениям, поэтому указываются как положительные, так и отрицательные значения. Для таких покрытий должны отдельно учитываться два случая: 1) только положительные значения и 2) только отрицательные значения. Сочетание положительных и отрицательных значений на одной и той же поверхности покрытия не допускается.

Примечание 2 — Для уклонов крыши между указанными значениями допускается линейная интерполяция, в случае если не меняется знак коэффициента давления. Значение «нуль» указано в целях интерполяции. Примечание 3 — Уклон крыши с наветренной стороны является определяющим для коэффициентов давления.

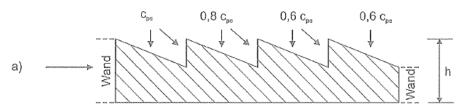
7.2.7 Шедовые (многопролетные) покрытия

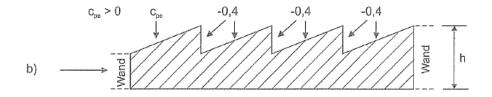
- (1) Значение коэффициентов давления для направлений ветра 0°, 90° и 180° для каждого из пролетов многопролетного покрытия могут быть получены из значений коэффициентов для каждого отдельного пролета. Модифицированные коэффициенты для давлений (локальных и общих (глобальных)) для направлений ветра 0° и 180° для каждого пролета должны быть получены:
- для шедовых покрытий по рисунку 7.10 (a) и (b) используют коэффициенты давления односкатных покрытий по 7.2.4. При направлении набегающего потока, параллельном конькам, применяют значения таблицы 7.3 для θ = 90°. Для направлений набегающего потока θ = 0° и 180° значения таблицы 7.3 уменьшают с учетом коэффициентов по рисунку 7.10 (a) или (b);
- для шедовых покрытий по рисунку 7.10 (c) и (d) используют коэффициенты давления для покрытий корытообразного сечения по 7.2.5. При направлении набегающего потока, параллельном конькам, применяют значения таблицы 7.4 для θ = 90°. Для направлений набегающего потока θ = 0° и 180° значения таблицы 7.4 для $\theta = 0^{\circ}$ уменьшают с учетом коэффициентов по рисунку 7.10 (c) или (d).
- (2) При этом зоны F, G и J используют только для наветренной поверхности первого пролета покрытия. Зоны Н и I должны рассматриваться для каждого пролета многопролетного (шедового) покрытия.
 - (3) Базовую высоту z_e следует принимать равной h, см. рисунок 7.10.
- (4) Для многопролетного покрытия, при отсутствии результирующей горизонтальной ветровой нагрузки, следует учитывать наименьший параметр шероховатости, равный 0,05 для ветровых нагрузок, направленных нормально к поверхности скатов многопролетного покрытия (независимо от шероховатости

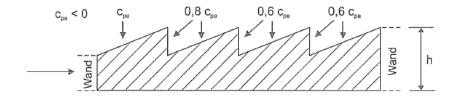
поверхности строительной конструкции). Следовательно, каждый пролет многопролетного покрытия должен быть рассчитан на действие минимальной результирующей горизонтальной ветровой нагрузки:

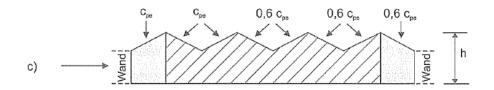
$$0.05q_{p,ze}A_{Shed}$$

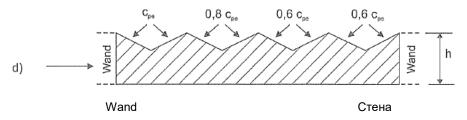
где A_{Shed} — площадь горизонтальной проекции каждого пролета многопролетного покрытия.











Примечание 1 — Для конфигурации b) рассматривают два случая в зависимости от знака коэффициента давления c_{pe} для первого пролета покрытия.

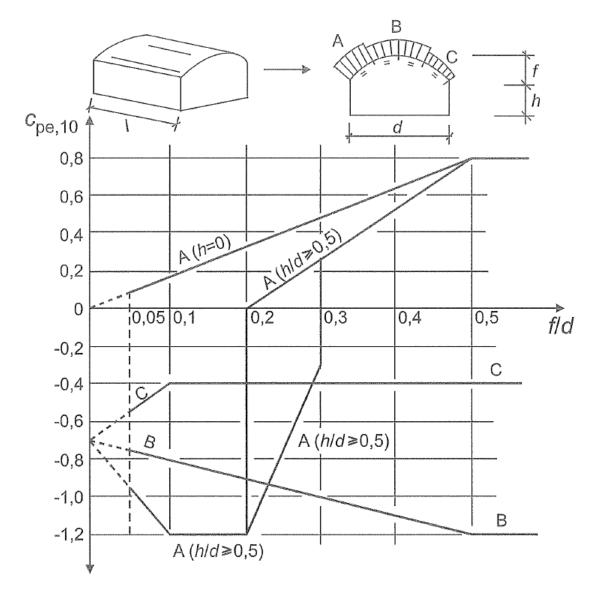
Примечание 2 — Для конфигурации с) первым значением c_{pe} является значение c_{pe} для односкатного покрытия, следующие значения c_{pe} — значение c_{pe} для покрытия корытообразного сечения.

Рисунок 7.10 — К распределению давления для многопролетных скатных (шедовых) покрытий

7.2.8 Сводчатые покрытия и купола

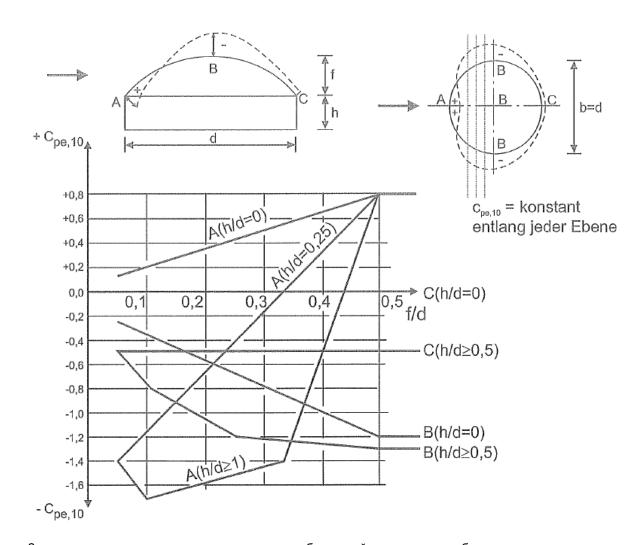
(1) Данный раздел распространяется на покрытия круглой цилиндрической формы и купола.

Примечание — Значения $c_{pe,10}$ и $c_{pe,1}$, используемые для покрытий круглой цилиндрической формы и куполов, могут указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемые значения $c_{pe,10}$ для разных зон на покрытии указаны на рисунках 7.11 и 7.12. Базовая высота равна $z_e = h + f$.



Для зоны A: при 0 < h/d < 0.5 значение $c_{pe,10}$ определяется методом линейной интерполяции, при $0.2 \le f/d \le 0.3$ и $h/d \ge 0.5$ учитываются два значения $c_{pe,10}$. Диаграмма не распространяется на плоские покрытия.

Рисунок 7.11 — Рекомендуемые значения коэффициентов внешнего ветрового давления $c_{pe,10}$ для сводчатых покрытий прямоугольных в плане зданий



Значение $c_{pe,10}$ постоянно вдоль отрезков дуги, образуемой пересечением оболочки с плоскостью нормальной направлению набегающего потока. Его можно определить в первом приближении с помощью линейной интерполяции между значениями вдоль дуг, параллельно направлению действия ветра для зон А, В и С. Посредством линейной интерполяции также можно определить значения $c_{
m pe,10}$ на основании приведенного выше рисунка для зоны A при условии, что 0 < h/d < 1, и для зоны B или C при условии, что 0 < h/d < 0.5.

Рисунок 7.12 — Рекомендуемые значения коэффициентов внешнего давления *с*_{ре.10} для куполов круглых в плане зданий

(2) Коэффициенты давления для поверхностей стен прямоугольных в плане зданий со сводчатыми покрытиями приведены в 7.2.2.

7.2.9 Внутреннее давление

- (1)Р Внутреннее и наружное давления следует рассматривать действующими в одно и тоже время. В помещениях с проницаемыми наружными ограждениями необходимо учитывать внутреннее давление, если его действие неблагоприятно. При этом внутреннее давление действует на все внутренние стены помещения одновременно и имеет одинаковые знаки.
- (2) Коэффициент внутреннего давления c_{pi} зависит от величины и расположения проемов в наружном ограждении здания. Если не менее чем для двух поверхностей здания (фасад и покрытие) общая площадь проемов для каждой из них превышает 30 % общей площади одной поверхности, то обе поверхности считаются полностью открытыми и ветровая нагрузка на рассматриваемое здание определяется на основании правил, установленных в 7.3 и 7.4.

Примечание — Проемы здания включают небольшие проемы, такие как открытые окна, вентиляционные проемы, дымоходы и т. п., а также общую негерметичность, которая, к примеру, создается за счет неплотных дверей, окон или наружного ограждения. Данная общая негерметичность обычно составляет от 0,01 % до 0,1 % площади наружной поверхности. В раздел «Национальные требования и национально установленные параметры» можно включать дополнительную информацию по данному вопросу.

CH 2.01.05-2019

(3) В случае когда наружные проемы, такие как двери и окна, будут доминантными, когда открыты, но рассматриваются (считаются) закрытыми в предельном состоянии по несущей способности при шквалистом ветре, условия с открытыми дверями и окнами должны рассматриваться как особая расчетная ситуация в соответствии с EN 1990.

Примечание — Проверка в особой расчетной ситуации особенно важна для высоких внутренних стен (с высоким риском угрозы обрушения), если на них по причине наличия проема в наружном ограждении здания приходится вся внешняя ветровая нагрузка.

(4) Поверхность здания следует принимать как доминантную, если общая площадь проемов на данной поверхности не менее чем в 2 раза превышает суммарную площадь всех проемов и неплотностей оставшихся поверхностей здания.

Примечание — Это может также распространяться на отдельные помещения внутри здания.

(5) Для здания с доминантной поверхностью внутреннее давление следует принимать как часть от внешнего давления, действующего на площадь проемов на доминантной стороне. Если общая площадь проемов на доминантной стороне в 2 раза превышает суммарную площадь всех проемов оставшихся поверхностей здания, то

$$c_{pi} = 0.75 \cdot c_{pe}. \tag{7.1}$$

Если общая площадь проемов на доминантной стороне не менее чем в 3 раза превышает суммарную площадь всех проемов оставшихся поверхностей здания, то

$$c_{pi} = 0.90 \cdot c_{pe}. \tag{7.2}$$

Значением c_{pe} в этом случае является коэффициент наружного давления на доминантной поверхности. Если площадь проемов доминантной поверхности располагается в зонах с разными коэффициентами внешнего давления, то определяют средневзвешенное значение c_{pe} с применением площадей проемов.

Если общая площадь проемов на доминантной поверхности менее трехкратного значения, но более удвоенной суммы всех площадей проемов здания, то значение c_{pi} допускается определять линейной интерполяцией.

(6) В зданиях без доминантной поверхности значение c_{pi} допускается определять по рисунку 7.13. Значение c_{pi} в этом случае зависит от высоты h и ширины d здания, а также от степени проницаемости наружного ограждения μ для каждого направления набегающего потока θ . Степень проницаемости наружного ограждения μ получают следующим образом:

$$\mu = \frac{\sum$$
площадей проемов при $c_{pe} \le 0}{\sum$ площадей всех проемов . (7.3)

Примечание 1 — Это требование распространяется на фасады и покрытия зданий с наличием внутренних стен и без них.

Примечание 2 — Если нельзя определить приемлемый параметр проницаемости наружного ограждения μ или в случае невозможности расчета, для значения c_{pi} применяют самое неблагоприятное значение из плюс 0,2 и минус 0,3.

(7) Базовая высота для внутреннего давления должна быть равной базовой высоте z_e для внешнего давления боковых поверхностей (см. 5.1(1)P), на проемы которых вызывают возникновение внутреннего давления. При наличии нескольких проемов для базовой высоты z_i применяют максимальное из получаемых значений z_e .

Коэффициент внутреннего давления для открытых бункеров (силосов) и дымовых труб равен

$$c_{pi} = -0.60.$$
 (7.4)

Коэффициент внутреннего давления для вентилируемых резервуаров с небольшими проемами равен

$$c_{pi} = -0.40. (7.5)$$

Базовая высота z_i соответствует высоте h сооружения.

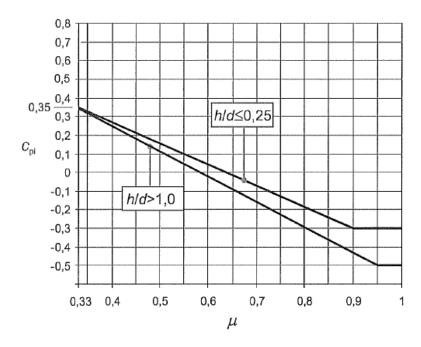


Рисунок 7.13 — Коэффициенты внутреннего давления при равномерно распределенных проемах. При 0,25 < h/d ≤ 1 допускается линейная интерполяция

7.2.10 Давление на многослойные стены и покрытия

- (1) Ветровую нагрузку следует рассчитывать отдельно для каждого слоя.
- (2) Степень проницаемости слоя µ следует определять как отношение суммы всех площадей проемов к общей площади слоя. Слой считается непроницаемым, если значение ц не превышает 0,1 %.
- (3) Если проницаемым является только один слой, то ветровую нагрузку на непроницаемый слой следует рассчитывать в соответствии с 5.2(3) как разность между внутренним и внешним ветровым давлениями. Если более чем один слой является проницаемым, ветровое усилие в каждом слое зависит от:
 - относительной жесткости слоев:
 - внешнего и внутреннего давления;
 - расстояния между слоями;
 - проницаемости слоев;
 - наличия проемов в наружных слоях ограждений между слоями.

Примечание 1 — В раздел «Национальные требования и национально установленные параметры» могут быть включены сведения по воздействию ветра на наружные стены и покрытия с несколькими слоями. В качестве первого приближения рекомендуется рассчитывать ветровое воздействие на слой с максимальной жесткостью как разность внутреннего и внешнего давления.

Примечание 2 — В раздел «Национальные требования и национально установленные параметры» можно включать значения для случаев, когда промежуточные слои ограждения непроницаемы (см. рисунок 7.14(а)) и когда расстояние в свету между слоями менее 100 мм (включая теплоизоляцию, если она невентилируемая). В качестве приближения могут использоваться следующие правила:

- для стен и покрытий с непроницаемым внутренним слоем и пористым внешним слоем с равномерно распределенными проемами ветровое воздействие на внешний слой следует рассчитывать с использованием $c_{p,net} = 2/3 \cdot c_{pe}$ — для избыточного давления и $c_{p,net} = 1/3 \cdot c_{pe}$ — для пониженного давления (разрежение). Воздействие ветра на внутренний слой следует определять с использованием $c_{p,net} = c_{pe} - c_{pi}$.
- для стен и покрытий с непроницаемым внутренним слоем и непроницаемым и более жестким внешним слоем воздействие ветра на внешний слой следует рассчитывать с использованием $c_{p,net} = c_{pe} - c_{pi}$;
- для стен и покрытий с проницаемым внутренним слоем с равномерно распределенными проемами и непроницаемым внешним слоем ветровое воздействие на внешний слой следует рассчитывать с использованием $c_{p,net} = c_{pe} - c_{pi}$, а ветровое воздействие на внутренний слой — с использованием $c_{p,net} = 1/3 \cdot c_{pe}$;
- для стен и покрытий с непроницаемым внешним слоем ветровое воздействие на внешний слой следует рассчитывать с использованием $c_{p,net} = c_{pe}$, а ветровое воздействие на внутренний слой — с применением $c_{p,net} = c_{pe} - c_{pi}$.

Если проемы вызывают взаимодействие воздушных слоев с воздушными слоями других поверхностей здания, отличных от рассматриваемых (см. рисунок 7.14(b)), данные правила не применимы.

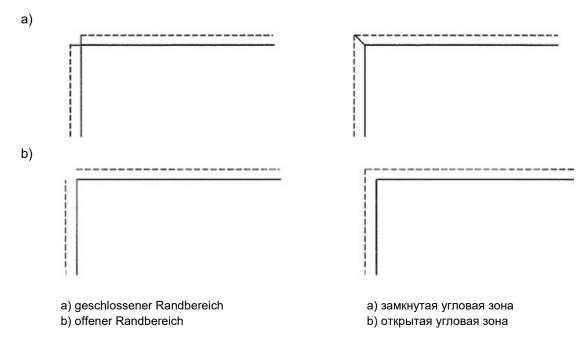


Рисунок 7.14 — Угловые элементы многослойных наружных ограждений

7.3 Отдельно стоящие навесы

- (1) Отдельно стоящие навесы это покрытия, которые не сопряжены со стенами, например навесы на заправочных станциях или навесы на перронах.
- (2) Степень заграждения для отдельно стоящих навесов φ в соответствии с рисунком 7.15 равна отношению заграждаемой площади к общей площади поперечного сечения под покрытием. Обе площади определяют нормально направлению набегающего потока.

Примечание — ϕ = 0 представляет отдельно стоящий навес без заграждения, а ϕ = 1 следует понимать как загражденный отдельно стоящий навес (это не замкнутое здание).

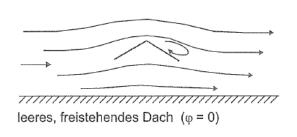
- (3) Коэффициенты усилия c_f , указанные в таблицах 7.6–7.8, и общие коэффициенты давления $c_{p,net}$ для $\varphi = 0$ и $\varphi = 1$ учитывают результирующую ветровую нагрузку на верхнюю и нижнюю стороны навеса для всех направлений набегающего потока. Промежуточные значения допускается интерполировать.
 - (4) С подветренной стороны применяют значения $c_{p,net}$ максимального заграждения для $\varphi = 0$.
- (5) Коэффициент усилия c_f характеризует результирующую силу ветра. Коэффициент давления нетто $c_{p,net}$ определяет максимальное местное давление для всех направлений набегающего потока. Его применяют при расчете элементов покрытий и анкерных креплений.
 - (6) Отдельно стоящие навесы рассчитывают для следующих схем приложения нагрузки:
- для отдельно стоящего односкатного навеса (таблица 7.6) расположение точки приложения результирующей силы ветрового давления следует определять как расстояние от края наветренной стороны.

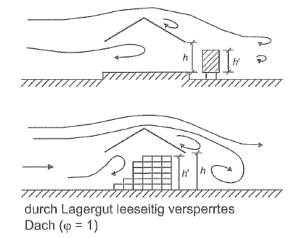
Примечание — Указания по определению расположения точки приложения результирующей силы давления ветра могут быть приведены в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемое расположение показано на рисунке 7.16;

- для двускатных навесов и навесов корытообразного сечения (таблица 7.7) следует принимать точку приложения результирующей силы ветрового давления в центре наклонной поверхности навеса (рисунок 7.17). Дополнительно для двухскатного навеса или навеса корытного сечения принимают одностороннюю нагрузку на поверхности с максимальной или минимальной нагрузкой, другой слой при этом является незагруженным;
- для отдельно стоящих шедовых навесов нагрузку определяют, применяя значения $c_{p,net}$ по таблице 7.7 и понижающие коэффициенты ψ_{mc} по таблице 7.8.

Для отдельно стоящих навесов с двухслойными оболочками применяют правила 7.2.10.

- (7) Необходимо учитывать силы трения (см. 7.5).
- (8) Базовая высота z_e соответствует высоте h согласно с рисунками 7.16 и 7.17.





leeres, freistehendes Dach Durch Lagergut leeseitig versperrtes Dach Пустой (незаполненный) отдельно стоящий навес Навес, загражденный с подветренной стороны складируемыми грузами

Рисунок 7.15 — Обтекание отдельно стоящих навесов

Таблица 7.6 — Значения $c_{p,\mathrm{net}}$ и c_f для отдельно стоящих односкатных навесов

Угол уклона α	Степень заграждения φ	Коэффициент усилия <i>с_і</i>	Коэффици С	енты давления План В А С В 0 d/10	HETTO <i>C_{p,net}</i> b/10 b/10
			Зона А	Зона В	Зона С
0°	Максимум все φ	+0,2	+0,5	+1,8	+1,1
	Минимум φ = 0	-0,5	-0,6	-1,3	-1,4
	Минимум φ = 1	-1,3	-1,5	-1,8	-2,2
5°	Максимум все φ	+0,4	+0,8	+2,1	+1,3
	Минимум φ = 0	-0,7	-1,1	-1,7	-1,8
	Минимум φ = 1	-1,4	-1,6	-2,2	-2,6
10°	Максимум все φ	+0,5	+1,2	+2,4	+1,6
	Минимум φ = 0	-0,9	-1,5	-2,0	-2,1
	Минимум φ = 1	-1,4	-1,6	-2,6	-2,7
15°	Максимум все φ	+0,7	+1,4	+2,7	+1,8
	Минимум φ = 0	-1,1	-1,8	-2,4	-2,5
	Минимум φ = 1	-1,4	-1,6	-2,9	-3,0
	1 '	<u> </u>			

Окончание таблицы 7.6

Угол уклона α	Степень заграждения φ	Коэффициент усилия <i>с_і</i>	Коэффици с ;→ d/10	енты давления План В С А С	HETTO <i>C_{p,net}</i> b/10 b/10 to b/10
			Зона А	Зона В	Зона С
20°	Максимум все φ	+0,8	+1,7	+2,9	+2,1
	Минимум φ = 0	-1,3	-2,2	-2,8	-2,9
	Минимум φ = 1	-1,4	-1,6	-2,9	-3,0
25°	Максимум все φ	+1,0	+2,0	+3,1	+2,3
	Минимум φ = 0	-1,6	-2,6	-3,2	-3,2
	Минимум φ = 1	-1,4	-1,5	-2,5	-2,8
30°	Максимум все φ	+1,2	+2,2	+3,2	+2,4
	Минимум φ = 0	-1,8	-3,0	-3,8	-3,6
	Минимум φ = 1	-1,4	-1,5	-2,2	-2,7

Примечание — Положительные значения означают результирующую ветровую нагрузку, направленную вниз.

Отрицательные значения означают результирующую ветровую нагрузку, направленную вверх.

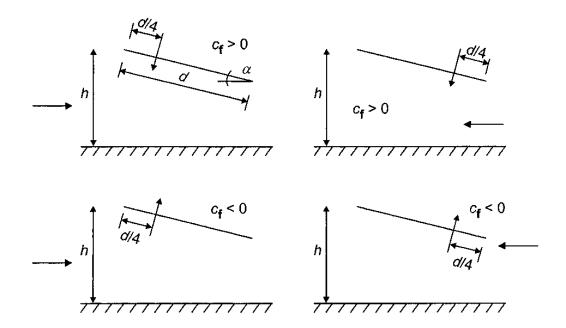


Рисунок 7.16 — Положение центра точки приложения результирующего ветрового давления для отдельно стоящих односкатных навесов

Текст открыт: 01.10.2024 3@ ФФициальное электронное издание. Приобретено УП "МИНСКИНЖПРОЕКТ". Период доступа: 04.01.2024 - 29.12.2024. Пользователь: При копировании или воспроизведении на бумажном носителе является копией официального электронного издания

Таблица 7.7 — Значения $c_{p,net}$ и c_f для отдельно стоящих двухскатных навесов и навесов корытного сечения

			Коэффициенты давления нетто <i>c_{p,net}</i> План			C _{p,net}
				В	тан 	
Угол уклона α	Степень заграждения Ф	Коэффициент усилия С _f		C A D	A C b/10	,
				d/10 d/5 d	d/10 →	
			Зона А	Зона В	Зона С	3она D
–20°	Максимум все φ	+0,7	+0,8	+1,6	+0,6	+1,7
	Минимум φ = 0	-0,7	-0,9	-1,3	-1,6	-0,6
	Минимум φ = 1	-1,3	-1,5	-2,4	-2,4	-0,6
–15°	Максимум все φ	+0,5	+0,6	+1,5	+0,7	+1,4
	Минимум φ = 0	-0,6	-0,8	-1,3	-1,6	-0,6
	Минимум φ = 1	-1,4	-1,6	-2,7	-2,6	-0,6
-10°	Максимум все φ	+0,4	+0,6	+1,4	+0,8	+1,1
	Минимум φ = 0	-0,6	-0,8	-1,3	-1,5	-0,6
	Минимум φ = 1	-1,4	-1,6	-2,7	-2,6	-0,6
-5°	Максимум все φ	+0,3	+0,5	+1,5	+0,8	+0,8
	Минимум φ = 0	-0,5	-0,7	-1,3	-1,6	-0,6
	Минимум φ = 1	-1,3	-1,5	-2,4	-2,4	-0,6
+5°	Максимум все φ	+0,3	+0,6	+1,8	+1,3	+0,4
	Минимум φ = 0	-0,6	-0,6	-1,4	-1,4	-1,1
	Минимум φ = 1	-1,3	-1,3	-2,0	-1,8	-1,5
+10°	Максимум все φ	+0,4	+0,7	+1,8	+1,4	+0,4
	Минимум φ = 0	-0,7	-0,7	-1,5	-1,4	-1,4
	Минимум φ = 1	-1,3	-1,3	-2,0	-1,8	-1,8
+15°	Максимум все φ	+0,4	+0,9	+1,9	+1,4	+0,4
	Минимум φ = 0	-0,8	-0,9	-1,7	-1,4	-1,8
	Минимум φ = 1	-1,3	-1,3	-2,2	-1,6	-2,1
+20°	Максимум все φ	+0,6	+1,1	+1,9	+1,5	+0,4
	Минимум φ = 0	-0,9	-1,2	-1,8	-1,4	-2,0
	Минимум φ = 1	-1,3	-1,4	-2,2	-1,6	-2,1

Окончание таблицы 7.7

Угол уклона α	Степень заграждения Ф	Коэффициент усилия <i>с</i> ғ	Коэ	Ффициенты да Пл В С А D В 4 d/10 4 d/5 d	А С b/10 b/10 d/10 ↔	
			Зона А	Зона В	Зона С	3она D
+25	Максимум все φ	+0,7	+1,2	+1,9	+1,6	+0,5
	Минимум φ = 0	-1,0	-1,4	-1,9	-1,4	-2,0
	Минимум φ = 1	-1,3	-1,4	-2,0	-1,5	-2,0
+30°	Максимум все φ Минимум φ = 0	+0,9 -1,0	+1,3 -1,4	+1,9 -1,9	+1,6 -1,4	+0,7 -2,0
	Минимум φ = 1	-1,3	-1,4	-1,8	-1,4	-2,0

Примечание — Положительные значения означают результирующую ветровую нагрузку, направленную вниз. Отрицательные значения означают результирующую ветровую нагрузку, направленную вверх.

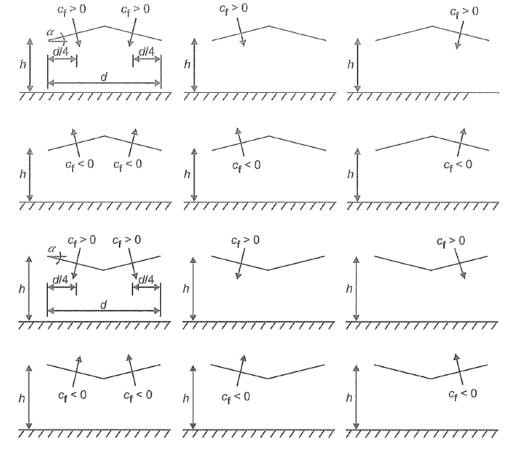


Рисунок 7.17 — Схемы приложения нагрузки для двускатных навесов и навесов корытообразного сечения

(9) Нагрузки на каждый отдельный скат отдельно стоящих многопролетных (шедовых) навесов (рисунок 7.18) следует определять с применением нагрузок для отдельно стоящего, изолированного двускатного навеса или навеса корытообразного сечения с понижающим коэффициентом ψ_{mc} по таблице 7.8.

Таблица 7.8 — Понижающие коэффициенты ψ_{mc} для отдельно стоящих многопролетных (шедовых) навесов

		Значение ψ_{mc} для всех ϕ		
Площадь навеса	Местоположение	На максимальной (вниз)	На минимальной (вверх)	
по рисунку 7.18		Коэффициенты усилия и коэффициенты давления	Коэффициенты усилия и коэффициенты давления	
1	Первый (крайний) пролет покрытия	1,0	0,8	
2	Второй пролет покрытия	0,9	0,7	
3	Третий пролет покрытия	0,7	0,7	

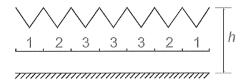


Рисунок 7.18 — Отдельно стоящие шедовые навесы с обозначением пролета покрытия

7.4 Отдельно стоящие стены, парапеты, ограждения и рекламные щиты

(1) Коэффициенты давления нетто $c_{p,net}$ для отдельно стоящих стен и парапетов зависят от коэффициента проемности ϕ . Для сплошных стен коэффициент проемности ϕ устанавливается равным 1, для стен с долей проемов 20 % φ = 0,8. Проницаемые стены и ограждения с коэффициентом проемности φ ≤ 0,8 следует рассматривать как решетчатые конструкции по 7.11.

Примечание — Парапеты и шумозащитные экраны на мостах см. в разделе 8.

7.4.1 Отдельно стоящие стены и парапеты

(1) Отдельностоящие стены и парапеты для определения коэффициентов давления $c_{p,net}$ подразделяют на зоны А-D по рисунку 7.19.

Примечание — Числовые значения коэффициентов давления $c_{p,net}$ для отдельно стоящих стен и парапетов могут указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемые значения указаны в таблице 7.9 для двух различных коэффициентов проемности (см. 7.4(1)). Данные значения возникают при наклонном направлении набегающего потока — для стен без угла (см. рисунок 7.19) или при действии ветра в двух направлениях — для стен с углом по рисунку 7.19. Базовой площадью в обоих случаях является общая площадь стены. Для коэффициентов проемности между 0,8 и 1,0 допускается линейная интерполяция.

Таблица 7.9 — Коэффициенты давления c_{в.net} для отдельно стоящих стен и парапетов

Коэффициент проемности	Зона		А	В	С	D
	Стена без	<i>l</i> / <i>h</i> ≤ 3	2,3	1,4	1,2	1,2
	угла	<i>l/h</i> = 5	2,9	1,8	1,4	1,2
φ = 1		<i>l</i> / <i>h</i> ≥ 10	3,4	2,1	1,7	1,2
	Стена с угло стороны ≥ <i>h</i> ^a		±2,1	±1,8	±1,4	±1,2
φ = 0,8			±1,2	±1,2	±1,2	±1,2
а) При длине стороны стены с углом между значениями 0.0 и <i>h</i> допускается линейная интерполяция						

При длине стороны стены с углом между значениями 0,0 и *h* допускается линейная интерполяция.

CH 2.01.05-2019

(2) Базовая высота отдельно стоящей стены z_e должна устанавливаться по рисунку 7.19 с применением $z_e = h$. Базовая высота парапетов должна устанавливаться по рисунку 7.6 с применением $z_e = (h + h_p)$.

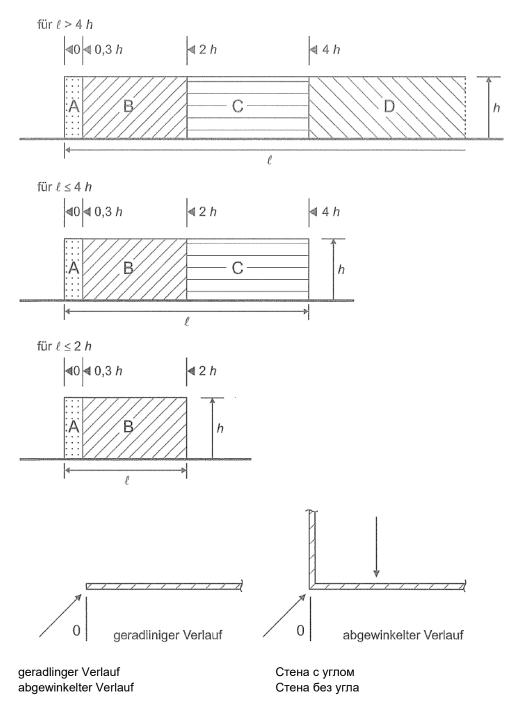


Рисунок 7.19 — Классификация поверхностей для отдельно стоящих стен и парапетов

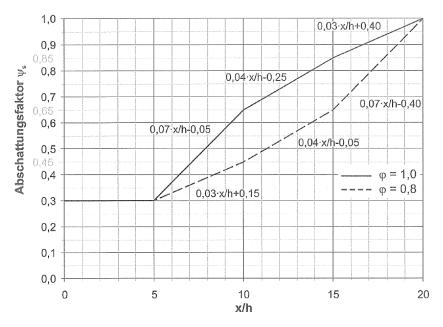
7.4.2 Коэффициенты заграждения для стен и ограждений

(1) Если с наветренной стороны располагаются другие стены и ограждения, имеющие высоту, равную или большую, чем высота рассматриваемой стены или ограждения, то с коэффициентом давления нетто по зонам может быть применен дополнительный коэффициент заграждения. Значение коэффициента заграждения ψ_s зависит от расстояния x между стенами или ограждениями, а также от коэффициента проемности ϕ заграждающей, расположенной с наветренной стороны стены или ограждения высотой h. Значения коэффициента ψ_s представлены на рисунке 7.20.

Коэффициент давления нетто заграждающей стены получают по формуле

$$c_{p,net,s} = \psi_s \cdot c_{p,net}. \tag{7.6}$$

(2) Коэффициент заграждения не следует применять в крайних зонах в пределах расстояния h, измеряемого от свободного края стены.



x — расстояние между стенами; h — высота стены, расположенной с наветренной стороны

Abschattungsfaktor

Коэффициент заграждения

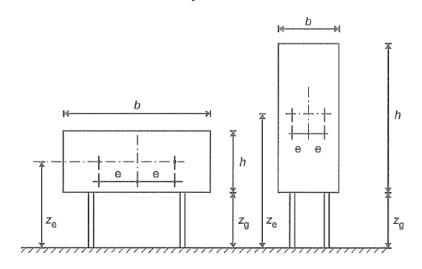
Рисунок 7.20 — Коэффициент заграждения ψ_s для стен и ограждений для значений ϕ от 0,8 до 1,0

7.4.3 Рекламные щиты

(1) Коэффициент усилия для рекламных щитов, поднятых над уровнем земли не менее чем на $z_a = h/4$ (рисунок 7.21), составляет:

$$c_f = 1,80,$$
 (7.7)

 c_f = 1,80 допускается также применять для z_a < h/4 и $b/h \le 1$.



Примечание 1 — Базовая высота $z_e = z_g + h/2$. Примечание 2 — Базовая площадь $A_{ref} = bh$.

Рисунок 7.21 — К распределению давления для рекламных щитов

CH 2.01.05-2019

(2) Результирующее ветровое усилие, направленное по нормали к плоскости щита, следует прикладывать на высоте его геометрического центра, с эксцентриситетом в горизонтальном направлении.

Примечание — Величина эксцентриситета может указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемое значение составляет:

$$e = \pm 0.25b.$$
 (7.8)

- (3) При расстоянии от уровня земли $z_g < h/4$ и отношении ширины к высоте b/h > 1 щит следует рассматривать как отдельно стоящую стену (см. 7.4.1).
- (4) Следует проводить проверку на потерю устойчивости вследствие дивергенции или срывного флаттера.

7.5 Коэффициенты трения

- (1) Во всех случаях, приведенных в 5.3(3), нужно учитывать влияние трения.
- (2) Коэффициенты трения c_{fr} для стен и покрытий указаны в таблице 7.10.
- (3) Базовые площади поверхности A_{fr} представлены на рисунке 7.22. Силы трения следует прикладывать на части внешней поверхности, параллельные действию ветра на расстояниях от передних свесов покрытия или углов, равных 2b или 4h (определяющим является меньшее значение).
- (4) Базовая высота z_e для отдельно стоящих навесов равна высоте навеса, для стен высоте h верхней отметки стены (рисунок 7.22).

Таблица 7.10 — Коэффициенты трения $c_{\it fr}$ для стен, парапетов и поверхностей покрытий

Поверхность	Коэффициент трения $c_{\it fr}$
Гладкая (например, сталь, гладкий бетон)	0,01
Шероховатая (например, шероховатый бетон, просмоленные поверхности)	0,02
Очень шероховатая (например, гофрированная, ребристая, складчатая)	0,04

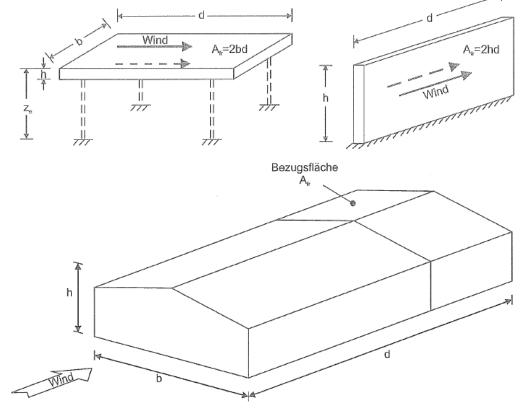


Рисунок 7.22 — Базовая площадь для трения

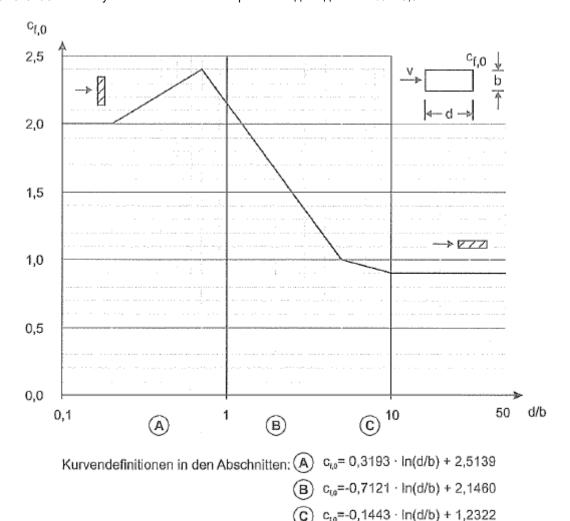
7.6 Конструктивные элементы конструкций с прямоугольным сечением

(1) Коэффициент усилия c_f для конструктивных элементов с прямоугольным поперечным сечением при направлении набегающего потока нормально стороне поперечного сечения определяют по формуле

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_r \cdot \psi_\lambda \,, \tag{7.9}$$

- где $c_{f,0}$ коэффициент усилия для конструкций прямоугольного поперечного сечения с острыми углами без обтекания свободных концов, как показано на рисунке 7.23;
 - ψ_r понижающий коэффициент для конструкций квадратного поперечного сечения со скругленными углами в зависимости от числа Рейнольдса;
 - ψ_{λ} коэффициент, учитывающий концевой эффект для конструкций со свободным обтеканием концов, как определено в 7.13.

Примечание 1 — Числовые значения коэффициента ψ_r могут быть указаны в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемые верхние предельные значения указаны на рисунках 7.24 и 7.25. Они определены для условий слабой турбулентности и являются безопасными. Примечание 2 — Рисунок 7.24 можно также применять для зданий с h/d > 5,0.



Kurvendefinitionen in der Abschnitten

Определения кривых в сечениях

Рисунок 7.23 — Коэффициенты трения $c_{r,0}$ для конструкций прямоугольного поперечного сечения с острыми углами без обтекания свободного конца

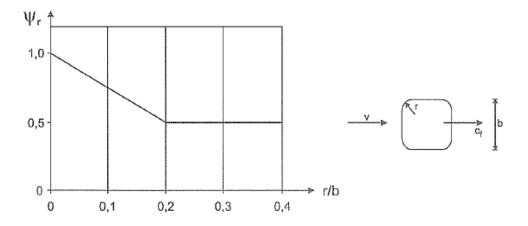


Рисунок 7.24 — Понижающий коэффициент ψ_r для конструкций квадратного поперечного сечения со скругленными углами

(2) Базовую площадь A_{ref} следует определять по формуле

$$A_{ref} = lb, (7.10)$$

где *l* —длина рассматриваемого участка.

Базовая высота z_e равна верхней отметке рассматриваемого участка над верхней точкой местности.

(3) Для пластинчатых поперечных сечений (d/b < 0.2) подъемные силы при определенных углах атаки набегающего потока могут приводить к повышению значений c_f до 25 % включительно.

7.7 Конструктивные элементы с острыми кромками в сечении

(1) Коэффициент усилия c_f конструктивных элементов с острыми кромками в сечении (рисунок 7.25) следует рассчитывать по формуле

$$c_f = c_{f,0} \psi_{\lambda}, \tag{7.11}$$

где ψ_{λ} — коэффициент, учитывающий концевой эффект (см. 7.13).

Примечание 1 — Числовые значения $c_{f,0}$ могут быть указаны в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемое значение для всех элементов конструкции без свободного обтекания концов $c_{f,0} = 2,0$. Это значение основывается на измерениях при слабых турбулентных условиях и дает безопасный результат.

Примечание 2 — Формула (7.11) и рисунок 7.25 могут применяться также для зданий с h/d > 5,0.

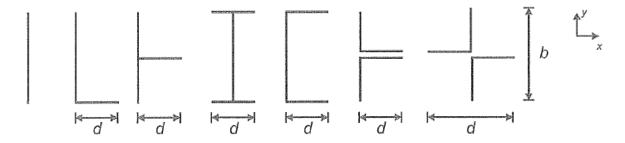


Рисунок 7.25 — Конструкции с острыми кромками в сечении

(2) Следует принимать следующие значения базовой площади A_{ref} (см. рисунок 7.25):

— в направлении
$$x$$
 $A_{ref,x} = lb;$ (7.12)

— в направлении y $A_{ref,x} = ld$,

где l — длина рассматриваемого конструктивного элемента.

(3) Во всех случаях базовую высоту $z_{\rm e}$ следует принимать равной максимальной высоте над поверхностью земли для рассматриваемого сечения.

7.8 Конструктивные элементы с поперечным сечением, имеющим форму правильного многоугольника

(1) Коэффициент усилия c_f конструктивных элементов с поперечным сечением, имеющим форму правильного многоугольника с пятью или семью гранями равен

$$c_f = c_{f,0} \psi_{\lambda}, \tag{7.13}$$

где ψ_{λ} — коэффициент, учитывающий концевой эффект, определяемый по 7.13;

 $c_{\rm f,0}$ — коэффициент усилия для конструктивных элементов без обтекания свободного конца.

Примечание — Числовые значения $c_{f,0}$ могут устанавливаться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемые консервативные значения, полученные измерениями при слабых турбулентных условиях, указаны в таблице 7.11.

(2) Для зданий при h/d > 5 значение c_f допускается определять по формуле (7.13).

Примечание — См. также таблицу 7.11 и рисунок 7.26.

(3) Базовую площадь A_{ref} следует определять по формуле

$$A_{ref} = fb, (7.14)$$

где l — длина рассматриваемого элемента конструкции;

b — диаметр описанной окружности, см. рисунок 7.26.

(4) Во всех случаях базовую высоту z_e следует принимать равной максимальной высоте над поверхностью земли для рассматриваемого сечения.

Таблица 7.11 — Коэффициент усилия $c_{f,0}$ для конструкций с поперечным сечением, имеющим форму правильного многоугольника

Число сторон	Поперечное сечение	Обработка поверхности и ребер	Число Рейнольдса <i>Re^{a)}</i>	C _{f,0}
5	Пятиугольник	Любая	Все значения	1,80
6	Шестиугольник	Любая	Все значения	1,60
8	Восьмиугольник	Гладкая	$Re \le 2,4 \cdot 10^5$	1,45
		поверхность r/b < 0,075 ^{b)}	Re ≥ 3 · 10 ⁵	1,30
		Гладкая	$Re \le 2 \cdot 10^5$	1,30
		поверхность $r/b \ge 0.075^{b)}$	Re ≥ 7 · 10 ⁵	1,10
10	Десятиугольник	Любая	Bce	1,30
12	Двенадцатиугольник	Гладкая поверхность со скругленными ребрами ^{с)}	$2 \cdot 10^5 < Re < 1, 2 \cdot 10^6$	0,90
		Любая другая	$Re < 4 \cdot 10^5$	1,30
			$Re > 4 \cdot 10^5$	1,10
16–18	Шестнадцатиугольник – восем- надцатиугольник	Гладкая поверхность со скругленными	Re < 2 · 10 ⁵	Рассматривать как круговой цилиндр (см. 7.9)
		ребрами ^{с)}	$2 \cdot 10^5 < Re < 1,2 \cdot 10^6$	0,70

^{а)} Число Рейнольдса Rе при $v = v_m$ и v_m , приведенной в 4.3, определено в 7.9.

 $^{^{\}mathrm{b})}$ r — радиус закругления; b — диаметр описанной окружности, см. рисунок 7.26.

 $^{^{\}rm c)}$ По результатам аэродинамических испытаний секционных моделей с поверхностью из оцинкованной стали, сечение которых имеет параметр b=0.3 м и радиус закругления 0.06b.

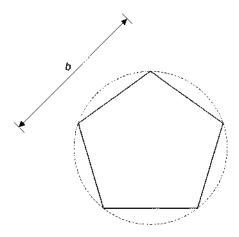


Рисунок 7.26 — Конструктивный элемент с поперечным сечением, имеющим форму правильного многоугольника

7.9 Круговой цилиндр

7.9.1 Коэффициенты внешнего давления

(1) Коэффициент наружного давления c_{pe} для кругового цилиндра зависит от числа Рейнольдса Re, которое определяется по формуле

$$Re = \frac{b \cdot v(z_e)}{v}, \tag{7.15}$$

rде b — диаметр;

v — кинематическая вязкость воздуха ($v = 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{c}$);

- $v(z_e)$ пиковое значение скорости ветра в соответствии с примечанием 2 к рисунку 7.27 на высоте z_e (см. рисунок 6.1).
- (2) Коэффициент наружного давления c_{pe} для кругового цилиндра равен

$$c_{pe} = c_{p,0} \psi_{\lambda 0}, \tag{7.16}$$

где $c_{p,0}$ — коэффициент наружного давления для цилиндра с бесконечной гибкостью λ (см. (3));

 $\psi_{\lambda a}$ — коэффициент, учитывающий концевой эффект для кругового цилиндра (см. (4)).

- (3) На рисунке 7.27 представлен коэффициент внешнего давления $c_{p,0}$ для различных значений чисел Рейнольдса в зависимости от угла α .
 - (4) Коэффициент для кругового цилиндра без обтекания свободного конца удая равен

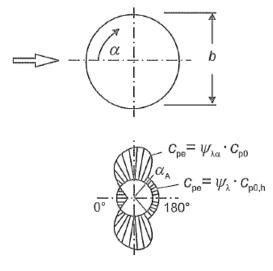
$$\psi_{\lambda 0}$$
 = 1 при $0^{\circ} \le \alpha \le \alpha_{min}$;

$$ψ_{\lambda 0} = ψ_{\lambda} + (1 - ψ_{\lambda}) \cdot \cos\left(\frac{x}{2} \cdot \left(\frac{\alpha - \alpha_{\min}}{\alpha_{A} - \alpha_{\min}}\right)\right)$$
 при $\alpha_{\min} < \alpha < \alpha_{A}$; (7.17)

$$\psi_{\lambda 0} = \psi_{\lambda}$$
 при $\alpha_A \le \alpha \le 180^\circ$,

где α_A — положение отрыва потока на окружности (рисунок 7.27);

 ψ_{λ} — коэффициент, учитывающий концевой эффект (см. 7.13).



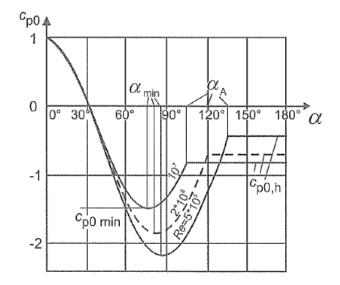


Рисунок 7.27 — Распределение давления по поперечному сечению кругового цилиндра без обтекания свободного конца

Примечание 1 — Промежуточные значения допускается принимать линейной интерполяцией.

Примечание 2 — Характерные значения Re, α_{min} , $c_{p0, min}$, α_A и $c_{p0,h}$ указаны в таблице 7.12. Рисунок 7.27 и

таблица 7.12 базируются на числе Рейнольдса при $v = \sqrt{\frac{2q_p}{p}}$ и q_p по 4.5.

Примечание 3 — Рисунок 7.27 базируется на эквивалентной шероховатости k/b, не превышающей $5 \cdot 10^{-4}$. Характерные значения эквивалентной шероховатости k указаны в таблице 7.13.

Таблица 7.12 — Характерные значения Re, α_{min} , $c_{p0, min}$, α_{A} и $c_{p0,h}$ для поперечного сечения кругового цилиндра без обтекания свободного конца

Re	$lpha_{min}$	$c_{ ho 0, { m min}}$	αд	C _{p0,h}
5 · 10 ⁵	85°	-2,2	135°	-0,4
2 · 10 ⁵	80°	-1,9	120°	-0,7
10 ⁷	75°	-1,5	105°	-0,8

α_{min} — положение минимального давления;

 $c_{
ho 0, min}$ — значение минимального коэффициента давления;

 α_{A} — положение от отрыва потока;

 $c_{p0,h}$ — основной коэффициент давления.

(5) Базовую площадь A_{ref} следует определять по формуле

$$A_{ref} = lb. (7.18)$$

(6) Во всех случаях базовую высоту z_e следует принимать равной максимальной высоте над поверхностью земли для рассматриваемого сечения.

7.9.2 Коэффициенты усилия

(1) Коэффициент усилия c_f конечного кругового цилиндра равен

$$c_f = c_{f,0} \psi_{\lambda}, \tag{7.19}$$

где $c_{f,0}$ — коэффициент усилия кругового цилиндра без обтекания свободного конца (рисунок 7.28);

ψ_λ — коэффициент, учитывающий концевой эффект (см. 7.13).

Примечание 1 — Рисунок 7.28 может также применяться для зданий с h/d > 5,0.

Примечание 2 — Рисунок 7.28 базируется на числе Рейнольдса при $v = \sqrt{\frac{2q_p}{p}}$ и q_p по 4.5.

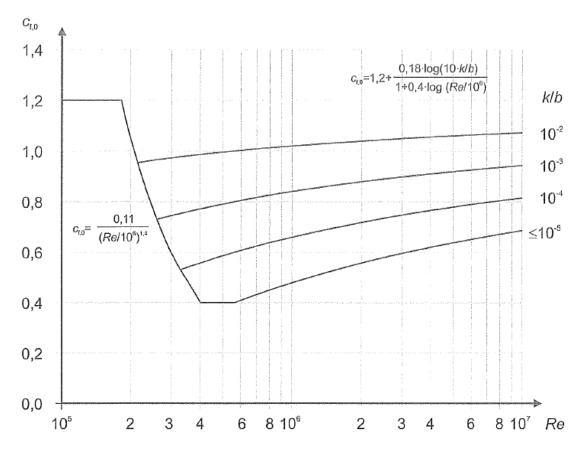


Рисунок 7.28 — Коэффициент усилия $c_{\rm f,0}$ круговых цилиндров с бесконечной гибкостью для разных значений эквивалентной шероховатости k/b

(2) Значения эквивалентной шероховатости k для поверхностей, не подвергавшихся воздействию окружающей среды, приведены в таблице 7.13.

Примечание — Для поверхностей, испытывавших воздействие окружающей среды в течение определенного времени, значения эквивалентной шероховатости *k* могут быть приведены в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры».

(3) Коэффициент усилия $c_{f,0}$ для проволочных канатов применяют независимо от числа Рейнольдса, $c_{f,0}$ = 1,2.

Таблица 7.13 — Эквивалентная шероховатость k

Поверхность	Эквивалентная шероховатость <i>k</i> , мм	Поверхность	Эквивалентная шероховатость <i>k</i> , мм
Стекло	0,0015	Гладкий бетон	0,2
Полированный металл	0,002	Строганное дерево	0,5
Высококачественная окраска	0,006	Шероховатый бетон	1,0
Окраска напылением	0,02	Грубо распиленная древесина	2,0
Сталь со светлой поверх- ностью (без покрытия)	0,05	Ржавчина	2,0
Чугун	0,2	Кирпичная кладка	3,0
Гальванизированная сталь	0,2		

(4) Базовую площадь A_{ref} следует определять по формуле

$$A_{ref} = lb, (7.20)$$

где l — длина рассматриваемого конструктивного элемента.

- (5) Во всех случаях базовую высоту z_e следует принимать равной максимальной высоте над поверхностью земли для рассматриваемого сечения.
- (6) Для цилиндров с относительно ровной поверхностью с расстоянием в свету $z_g/b < 1,5$ над уровнем земли (рисунок 7.29) требуются специальные исследования.

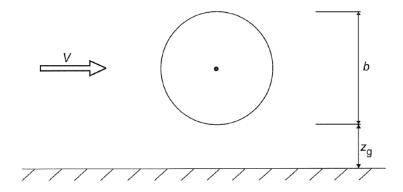


Рисунок 7.29 — Цилиндр с относительно ровной поверхностью

7.9.3 Коэффициенты усилия для вертикальных цилиндров, расположенных в ряд

При расположении цилиндров в ряд коэффициент усилия $c_{f,0}$ зависит от направления ветра относительно оси ряда и от отношения расстояния, а к среднему диаметру b — см. таблицу 7.14. Коэффициент усилия c_f для любого цилиндра равен

$$c_f = c_{f,0} \psi_{\lambda} \kappa, \tag{7.21}$$

где $c_{f,0}$ —коэффициент усилия кругового цилиндра без обтекания свободного конца (см. 7.9.2);

 ψ_{λ} — коэффициент, учитывающий концевой эффект (см. 7.13);

к — коэффициент в соответствии с таблицей 7.14 (для самого неблагоприятного направления набегающего потока).

Таблица 7.14 — Коэффициент к для круговых цилиндров, расположенных в ряд

a/b	κ	a a →
2,5 < a/b < 3,5	1,15	
3,5 < a/b < 30	$\frac{210 - \frac{a}{b}}{180}$	
a/b > 30	1,00	1

a — расстояние;

b — диаметр.

Примечание — При a/b < 2,5 значения κ могут быть приведены в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры».

7.10 Сферы

(1) Коэффициент усилия $c_{f,x}$ для сфер в направлении действия ветра представляет собой функцию числа Рейнольдса Re (см. 7.9.1) и эквивалентной шероховатости k/b (см. таблицу 7.13).

Примечание 1 — Значения коэффициента усилия $c_{f,x}$ могут устанавливаться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемые значения на основании измерений при слабых турбулентных условиях представлены на рисунке 7.30. Рисунок 7.30 базируется на числе Рейнольд-

са при
$$v=\sqrt{\frac{2q_p}{p}}$$
 и q_p по 4.5.

Примечание 2 — Значения на рисунке 7.30 ограничены значениями $z_g > b/2$, где z_g — расстояние в свету между сферой и плоской поверхностью, а b — диаметр сферы (рисунок 7.31). При $z_g < b/2$ коэффициент усилия $c_{f,x}$ умножают на коэффициент 1,6.

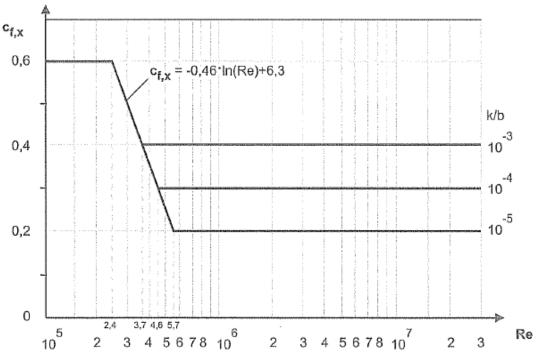


Рисунок 7.30 — Коэффициент усилия сферы в направлении действия ветра

(2) Вертикальный коэффициент усилия $c_{f,x}$ сфер определяют следующим образом:

$$c_{f,x} = 0$$
 при $z_g > \frac{b}{2}$; (7.22) $c_{f,x} = +0,60$ при $z_g < \frac{b}{2}$.

(3) Базовую площадь А_{ref} следует определять по формуле

$$A_{ref} = \pi \cdot \frac{b^2}{4} \,. \tag{7.23}$$

(4) Базовую высоту следует определять по формуле

$$z_e = z_g + \frac{b}{2}$$
. (7.24)

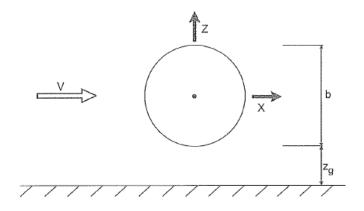


Рисунок 7.31 — Сфера вблизи плоской поверхности

7.11 Решетчатые конструкции и леса

(1) Коэффициент усилия c_i для решетчатых конструкций и лесов следует определять по формуле

$$c_f = c_{f,0} \psi_{\lambda} , \qquad (7.25)$$

где $c_{f,0}$ — коэффициент усилия решетчатых конструкций и лесов без обтекания свободного конца. Он указан на рисунках 7.33–7.35 как функция коэффициента проемности ϕ (см. 7.11(2)) и числа Рейнольдса Re;

Re — число Рейнольдса, принимаемое на основании среднего диаметра стержня *b*, см. примечание 1:

 ψ_{λ} — коэффициент, учитывающий концевой эффект (см. 7.13), который рассчитывается с применением l и ширины b=d, по рисунку 7.32.

Примечание 1 — Рисунок 7.35 базируется на числе Рейнольдса при $v = \sqrt{\frac{2q_p}{p}}$ и q_p по 4.5.

Примечание 2 — Понижающие коэффициенты для лесов без воздухонепроницаемого ограждения, на которые оказывают влияние затенения сплошных сооружений, могут указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемые значения указаны в EN 12811.

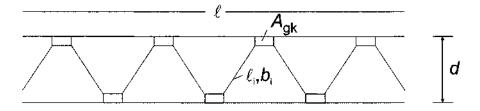


Рисунок 7.32 — Решетчатые конструкции или леса

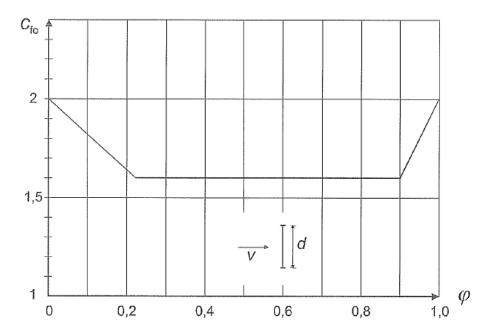


Рисунок 7.33 — Коэффициент усилия $c_{f,0}$ решетчатых конструкций из угловых профилей с острыми кромками в зависимости от коэффициента проемности ϕ

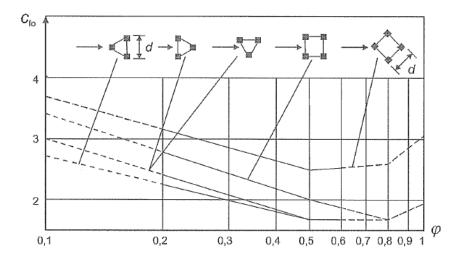


Рисунок 7.34 — Коэффициент усилия $c_{f,0}$ для пространственной решетчатой конструкции из угловых профилей и из профилей с острыми кромками в зависимости от коэффициента проемности ϕ

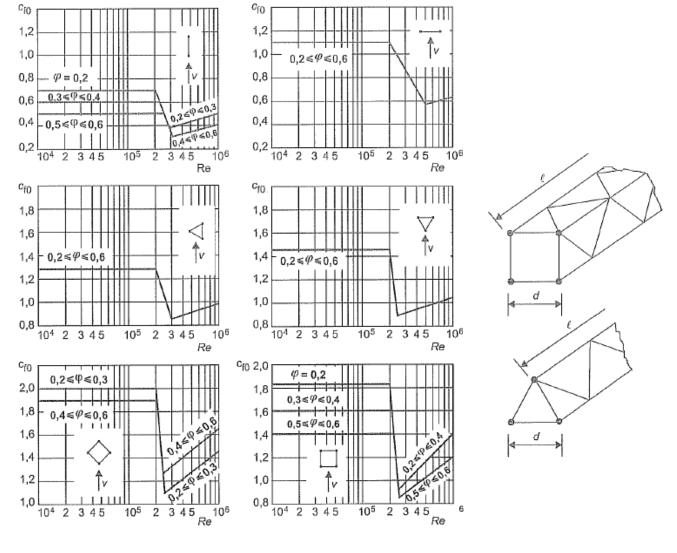


Рисунок 7.35 — Коэффициент усилия $c_{\rm f,0}$ для плоских и пространственных решетчатых конструкций из профилей с круглым поперечным сечением

(2) Коэффициент проемности ϕ следует определять по формуле

$$\varphi = \frac{A}{A_c},\tag{7.26}$$

где A — сумма площадей проекций стержней и узловых накладок, проецируемых на рассматриваемую сторону, $A = \sum_i b_i l_i + \sum_k A_{gk}$. В пространственных решетчатых конструкциях следует рассматривать наветренную сторону;

 A_c — площадь вертикальной проекции, ограниченной контурами конструкции, $A_c = dl$;

длина решетчатой конструкции;

d — ширина решетчатой конструкции;

 b_i , l_i — проекция ширины и длины отдельного стержня i (см. рисунок 7.32);

 A_{ak} — площадь узловой накладки k.

(3) Базовую площадь A_{ref} следует определять по формуле

$$A_{ref} = A. (7.27)$$

(4) Базовая высота z_e равна высоте до верхней отметки рассматриваемого сечения.

7.12 Флаги

- (1) Коэффициенты усилия c_f и базовая площадь A_{ref} для флагов приведены в таблице 7.15.
- (2) Базовая высота z_e равна высоте до верхней отметки флага над поверхностью земли.

Таблица 7.15 — Коэффициенты усилия c_f для флагов

Флаги	A _{ref}	C _f
Флаги, закрепленные со всех сторон	hl	1,8
Сила действует по нормали к плоскости флага		
Незакрепленные флаги		
$\stackrel{\text{a)}}{\longmapsto} \stackrel{\uparrow}{\longleftarrow} h$	hl	$m_r \left(A_{ref} \right)^{-1.25}$
h	0,5 <i>hl</i>	$0.02 + 0.7 \cdot \frac{m_r}{\rho h} \cdot \left(\frac{A_{ref}}{h^2}\right)^{-1.25}$
Сила действует в плоскости флага		

*m*_r — масса на единицу площади флага;

ho — плотность воздуха (см. 4.5(1), примечание 2);

z_e — высота флага над уровнем земли.

Примечание — Формулы для незакрепленных флагов содержат динамические силы на основании эффекта развевания (флаттера).

7.13 Эффективная гибкость λ и коэффициент, учитывающий концевые эффекты ψ_{λ}

(1) В уместных случаях следует определять коэффициент, учитывающий концевые эффекты в зависимости от эффективной гибкости λ .

Примечание — Коэффициенты усилия $c_{f,0}$ в 7.12 основываются на исследованиях конструкций без обтекания свободных концов, удаленных от земли (основания). Коэффициент, учитывающий пониженное сопротивление конструкции вследствие обтекания ветра вокруг конца (концевой эффект). Рисунок 7.36 и таблица 7.16 основываются на измерениях при слабых турбулентных течениях. Значения, учитывающие влияние турбулентности, могут указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры».

(2) Эффективная гибкость λ зависит от размеров конструктивного элемента и его положения. Примечание — В разделе «Национальные требования и национально установленные параметры» могут быть установлены значения эффективной гибкости λ и ψ_{λ} . Рекомендуемые значения λ указаны в таблице 7.16. Ориентировочные значения ψ_{λ} для различных коэффициентов проемности ϕ приведены на рисунке 7.36.

Таблица 7.16 — Значения эффективной гибкости λ для цилиндров, многоугольных и прямоугольных поперечных сечений, конструктивных элементов с острыми кромками и решетчатых конструкций

Номер	Положение конструкции при направлении набегающего потока по нормали к плоскости чертежа	Эффективная гибкость λ	
1	$ \begin{array}{c cccc} \hline b & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \hline \ell & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \hline z_g \ge b & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \hline for b \le \ell & \downarrow & \downarrow \\ \end{array} $	Для многоугольных, прямоугольных поперечных сечений и поперечных сечений с острыми кромками, а также для решетчатых конструкций: при $l \ge 50$ м, $\lambda = 1,4l/b$ или $\lambda = 70$ определяющим является меньшее значение	
2	$b = b_1 \le 1,5b$	при $l < 15$ м, $\lambda = 2l/b$ или $\lambda = 70$ определяющим является меньшее значение Для круговых цилиндров: при $l \ge 50$ м, $\lambda = 0,7l/b$ или $\lambda = 70$ определяющим является меньшее значение	
3	$\frac{b}{2}$	при $l < 15$ м, $\lambda = l/b$ или $\lambda = 70$ определяющим является меньшее значение Промежуточные значения принимаются линейной интерполяцией.	
4	$b_1 \ge 2,5b$ b $\downarrow b$ $\downarrow z$	при $l \ge 50$ м, $\lambda = 0.7l/b$ или $\lambda = 70$ определяющим является большее значение при $l < 15$ м, $\lambda = l/b$ или $\lambda = 70$ определяющим является большее значение Промежуточные значения принимаются линейной интерполяцией	

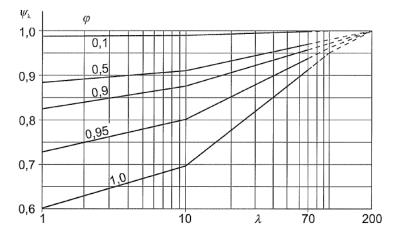


Рисунок 7.36 — Коэффициент ψ_{λ} в зависимости от эффективной гибкости λ и для разных коэффициентов проемности ϕ

(3) Коэффициент проемности ϕ следует определять следующим образом (см. рисунок 7.37):

$$\varphi = \frac{A}{A_c},\tag{7.28}$$

где *А* — сумма проецируемых площадей отдельных конструктивных элементов;

 A_c — площадь ограждения, $A_c = lb$.

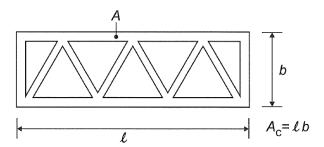


Рисунок 7.37 — Определение коэффициентов проемности ф

8 Ветровые воздействия на мосты

8.1 Общие положения

(1) Данный раздел распространяется только на однопролетные и многопролетные мосты с постоянной высотой сооружения и одинарной пролетной конструкцией с поперечными сечениями порисунку 8.1.

Примечание 1 — Ветровые воздействия для других типов мостов (арочных, вантовых, крытых, подвижных мостов и мостов с несколькими или несколько изогнутыми пролетными конструкциями) могут указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры».

Примечание 2 — Угол уклона направления действия набегающего потока по отношению к пролетной конструкции и в горизонтальной плоскости может указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры».

- (2) Ветровые нагрузки на пролетные конструкции рассматриваются в 8.2 и 8.3, нагрузки на опоры моста в 8.4. Ветровые нагрузки на различные элементы моста следует учитывать как действующие одновременно, в случаях неблагоприятного влияния.
- (3) Воздействия ветра на конструкции мостов вызывают силы в направлениях x, y и z в соответствии с рисунком 8.2. В этом случае:

направление x — в направлении, параллельном направлению транспортных путей, по нор-

мали к пролету;

направление у — в направлении, продольном оси пролета;

направление z — по нормали к направлению транспортных путей.

Рисунок 8.1 — Примеры поперечных сечений стандартных пролетных конструкций моста

CH 2.01.05-2019

Силы в направлениях x и y вызываются воздействиями ветра в различных направлениях и обычно не возникают одновременно. Силы в направлении z могут возникать в различных направлениях, их следует учитывать как одновременно действующие с силами других направлений, в случае неблагоприятности их действия.

Примечание — Система обозначений, применяемая для мостов, отличается от установленной в 1.7. Для конструкций мостов применяют следующие обозначения (рисунок 8.2):

- L длина в направлении у;
- *b* ширина в направлении *x*;
- d высота в направлении z.

Наименования геометрических параметров L, b и d, указанных на рисунке 8.2, при необходимости, уточняются в различных разделах в соответствии с их применением. При ссылках на разделы 5–7 наименования для b и d необходимо соответственно корректировать.

Размеры L, b и d, представленные на рисунке 8.2, более точно определены в последующих разделах. При ссылках на разделы 5–7 обозначения b и d необходимо соответственно корректировать.

(4) При необходимости одновременного учета воздействия ветра и дорожного движения (см. EN 1990, приложение A, A.2.2.1 и A.2.2.2) сопутствующее воздействие $\psi_c F_{wk}$ от ветра и транспортных средств на мост ограничивают значением F'_w , заменяя основное значения базовой скорости $v_{b,0}$ значением $v'_{b,0}$.

Примечание — Значение $v'_{b,0}$ может устанавливаться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемое значение равно 23 м/с.

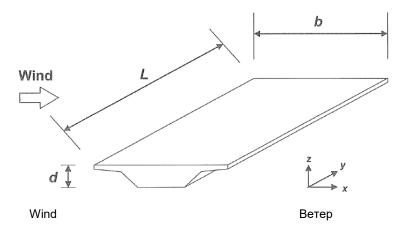


Рисунок 8.2 — Направления воздействий ветра на пролетные конструкции моста

(5) При необходимости одновременного учета воздействия ветра и железнодорожного движения (см. EN 1990, приложение A, A.2.2.1 и A.2.2.2) сопутствующее воздействие $\psi_c F_{wk}$ от ветра и поездов на мост ограничивают значением F''_{w} , заменяя основное значение исходной скорости $v_{b,0}$ значением $v''_{b,0}$.

Примечание — Значение $V'_{b,0}$ может устанавливаться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемое значение равно 25 м/с.

8.2 Выбор методов расчета системы

(1) Необходимо проверить необходимость расчета динамических реакций системы для конструкции моста или достаточность применения квазистатических проектных нагрузок.

Примечание 1 — Критерии и методы расчета могут указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры».

Примечание 2 — Если динамический расчет не требуется, можно применять значение $c_s c_d = 1,0$.

Примечание 3 — Для обычных дорожных и железнодорожных пролетных конструкций моста с шириной пролета менее 40 м учет динамических реакций системы, как правило, не требуется. Под обычными пролетными конструкциями могут пониматься конструкции из стали, бетона, алюминия или дерева, а также комбинированные конструкции, поперечное сечение которых соответствует формам на рисунке 8.1.

8.3 Коэффициенты усилия

(1) Коэффициенты усилия для парапетов и ограждений мостов необходимо учитывать, если они относятся к порядку величин, которыми нельзя пренебречь.

Примечание — Коэффициенты усилия для парапетов и щитов мостов могут указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуется применять 7.4.

8.3.1 Коэффициенты усилия в направлении х (общий метод)

(1) Коэффициенты усилия воздействий ветра на пролетные конструкции моста в направлении х равны

$$c_{f,x} = c_{fx,0}, (8.1)$$

где $c_{fx,0}$ — аэродинамический коэффициент для конструкций без обтекания свободных концов (см. 7.13).

Примечание 1 — Пролетные конструкции мостов, как правило, не содержат свободно обтекаемых элементов, так как при обтекании отклонение вызывается только двумя сторонами (верхней стороной и нижней стороной пролетной конструкции).

Примечание 2 — Для обычных мостов допускается применять $c_{fx,0}$ = 1,3. Альтернативно допускается применять значение $c_{fx,0}$ по рисунку 8.3, где приведены некоторые типичные случаи определения $A_{ref,x}$ (согласно 8.3.1(4)) и d_{tot} .

Примечание 3 — Если угол уклона набегающего потока превышает 10°, то могут потребоваться специальные исследования для аэродинамического коэффициента. Такой угол уклона может сводиться к уклону местности с наветренной стороны моста.

Примечание 4 — Если в одной плоскости находятся две практически идентичные пролетные конструкции и они разделены только в поперечном направлении зазором, не превышающим или незначительно превышающим 1 м, то силу ветра с наветренной стороны допускается рассчитывать как для составной конструкции.

В других случаях целесообразны специальные исследования, касающиеся взаимодействий между конструкциями моста.

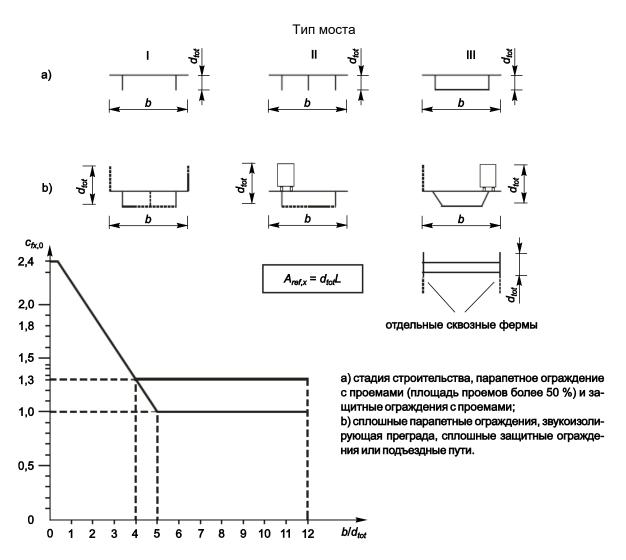


Рисунок 8.3 — Коэффициенты усилия $c_{fx,0}$ для мостов

CH 2.01.05-2019

(2) Если поверхность воздействия ветра по рисунку 8.4 имеет уклон к вертикали, то коэффициент усилия $c_{fx,0}$ уменьшают относительно вертикали на 0,5 % на каждый градус угла наклона α , но не более чем на 30 %.

Примечание — Это снижение не применимо к величине F_w , как определено в 8.3.3, за исключением случаев, когда в разделе «Национальные требования и национально установленые параметры» установлены специальные правила.

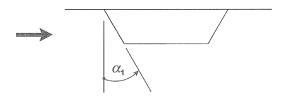
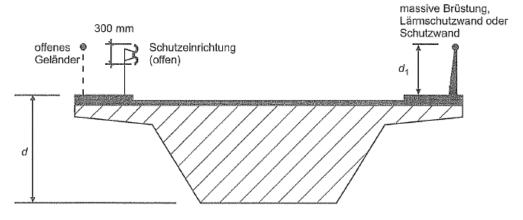


Рисунок 8.4 — Мосты с наклонной поверхностью в направлении действия ветра

- (3) Если мостовое полотно имеет уклон в поперечном направлении, то $c_{fx,0}$ увеличивают на 3 % на каждый градус уклона, но не более чем на 25 %.
- (4) Базовые площади $A_{ref,x}$ для сочетаний нагрузок без транспортной составляющей определяют с учетом соответствующего значения d_{tot} согласно рисунку 8.5 и таблице 8.1:
 - а) для пролетной конструкции в виде плоской балочной системы сумму:
 - 1) видимой площади лицевой стороны главной балки;
 - 2) видимой площади выступающих над ней элементов других главных балок;
 - 3) видимой площади элементов карнизов, пешеходных дорожек или балластных путей, выступающей над лицевой стороной главной балки;
 - 4) видимой площади сплошных ограждений или шумозащитных стен, которые выступают над зоной 3), или, при отсутствии таких элементов, 0,3 м для каждого открытого парапета или ограждения;
 - b) для пролетной конструкции в виде решетчатой фермы сумму:
 - 1) видимой площади элементов карнизов, пешеходных дорожек или балластных путей;
 - 2) сплошных элементов решетчатой конструкции, расположенных по нормали к направлению обтекания и выступающих над или под зоной 1);
 - 3) видимой площади сплошных ограждений или шумозащитных стен, которые выступают над зоной 1), или, при отсутствии таких элементов, 0,3 м для каждого открытого парапета или ограждения.

Однако суммарная базовая площадь не должна превышать площадь рассматриваемой плоской балочной системы с такой же высотой и со всеми перечисленными выше зонами;

с) для пролетной конструкции в виде нескольких плоских балочных систем для этапа производства строительных работ до монтажа дорожного покрытия применяют видимую поверхность двух главных балок.



offenes Gelander

mm

Schutzeinrichtung (offen)

Massive Brustung, Larmschutzwand oder Schutzwand

Открытый парапет

MM

Открытое защитное ограждение

Сплошной парапет, шумозащитная стена или защитное ограждение

Рисунок 8.5 — Применяемые высоты поперечного сечения для A_{ref,x}

Таблица 8.1 — Значения высоты d_{tot} , используемые для определения $A_{ref,x}$

Защитная система проезжей части	С одной стороны	С обеих сторон
Открытый парапет или открытое защитное ограждение	d + 0,3 м	d + 0,6 м
Закрытый парапет или закрытое защитное ограждение	$d + d_1$	d + 2d ₁
Открытый парапет и открытое защитное ограждение	d + 0,6 м	d + 1,2 м

- (5) Базовую площадь $A_{ref,x}$, при учете сочетания нагрузок дорожного движения, рассчитывают как базовую площадь в (4), применяя вместо площадей, указанных в а) 3) и 4) и b) 3), следующие площади, если они превышают первоначальные:
 - а) для автодорожных мостов дорожное полотно высотой 2 м над проезжей частью при самой неблагоприятной длине независимо от положения воспринимаемой вертикальной транспортной нагрузки;
 - b) для железнодорожных мостов дорожное полотно высотой 4 м над рельсами по всей длине моста.
- (6) За базовую высоту z₂ принимают расстояние от самой низкой точки местности под мостом до середины пролетной конструкции моста. Другие элементы моста (например, парапеты) не учитывают.
- (7) Воздействия ветрового давления вследствие движения транспортных средств не входят в область применения настоящих строительных норм. Воздействия ветрового давления вследствие движения поездов — см. EN 1991-2.

8.3.2 Усилия в направлении x — упрощенный метод

(1) В случаях, когда динамический расчет реакции конструкции моста не требуется, силу ветра в направлении х рассчитывают по следующей формуле

$$F_{w} = \frac{1}{2} \cdot \rho V_{b}^{2} CA_{ref,x}, \qquad (8.2)$$

 базовое значение скорости ветра (см. 4.2 (2)); где V_b

— коэффициент ветровой нагрузки, $C = c_e c_{f,x}$ (c_e — коэффициент экспозиции по 4.5, а $c_{f,x}$ — по 8.3.1(1));

 $A_{ref,x}$ — базовая площадь по 8.3.1;

— плотность воздуха (см. 4.5).

Примечание — Значения С могут устанавливаться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемые значения указаны в таблице 8.2.

Таблица 8.2 — Коэффициенты усилия С для мостов

b/d _{tot}	$z_e \leq 20 \text{ M}$	z _e = 50 м	
≤0,5	5,7	7,1	
≥4,0	3,1	3,8	

Примечание — Значения, приведенные в данной таблице, основаны на следующих допущениях:

- тип местности II в соответствии с таблицей 4.1;
- коэффициент усилия $c_{f,x}$ в соответствии с 8.3.1(1);
- $--c_0 = 1,0;$
- $-- k_i = 1,0.$

Промежуточные значения b/d_{tot} и z_e допускается определять линейной интерполяцией.

8.3.3 Ветровые усилия на пролетные конструкции моста в направлении z

(1) Коэффициенты усилий c_{fx} ветра в направлении z устанавливают как направленные вверх, так и вниз (коэффициент подъемной силы). Значение $c_{f,z}$ нельзя применять для расчета вертикальных колебаний пролетных конструкций.

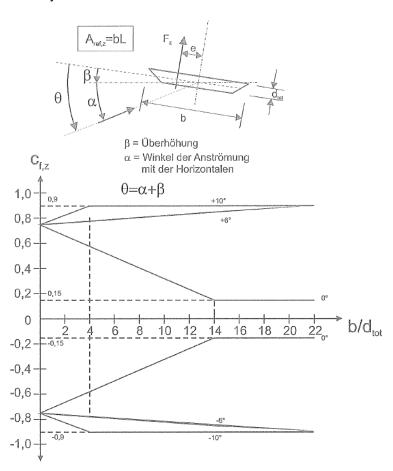
Примечание 1 — Значение $c_{f,z}$ может указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Если не проводятся исследования с использованием аэродинамической трубы, то рекомендуется применять значение $c_{f,z}$ = ± 0.9 . Это значение учитывает возможный поперечный уклон пролетной конструкции, возможный уклон местности и влияние угла уклона набегающего потока на основании турбулентностии.

Альтернативно $c_{f,z}$ можно применять по рисунку 8.6. При этом необходимо учитывать следующее:

- высота d_{tot} должна ограничиваться высотой пролетной конструкции, при этом дорожное движение и оснастку моста можно не учитывать;
- для плоской горизонтальной местности в качестве угла уклона набегающего потока относительно горизонтали применяют угол $\alpha \pm 5^\circ$ как следствие турбулентности набегающего потока. Данное условие распространяется также на холмистую местность, если высота пролетной конструкции не менее 30 м над уровнем земли. *Примечание* 2 Вертикальная сила имеет значение только в случае, когда она относится к величине такого же порядка, что и нагрузка от собственного веса.
- (2) Базовая площадь $A_{ref,z}$ соответствует площади вертикальной проекции (см. рисунок 8.2):

$$A_{\text{ref,z}} = bL. \tag{8.3}$$

(3) Влияние гибкости не учитывают.



Uberhohung
Winkel der Anstromung mit Horizontalen

Превышение

Угол уклона набегающего потока относительно горизонталей

Рисунок 8.6 — Коэффициенты усилия для мостов с поперечным уклоном и угловым направлением набегающего потока

- (4) Базовая высота такая же, как при определении $c_{f,x}$ (см. 8.3.1(6)).
- (5) В качестве эксцентриситета силы в направлении x применяют e = b/4.

8.3.4 Ветровые усилия на пролетные конструкции моста в направлении у

(1) При необходимости определяют также продольные силы ветра в направлении у.

Примечание — Значения силы ветра могут устанавливаться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемыми значениями являются:

- для мостов со сплошными стенами 25 % силы ветра в направлении x;
- для мостов решетчатой конструкции 50 % силы ветра в направлении х.

8.4 Опоры моста

8.4.1 Направления ветра и расчетные ситуации

- (1) Воздействия ветра на пролетные конструкции моста и на несущие опоры рассчитывают с учетом наиболее неблагоприятного для всей конструкции направления ветра.
- (2) Для этапа производства строительных работ воздействия ветра определяют специально, если невозможна горизонтальная передача или перераспределение силы ветра через пролетные конструкции. Если на этапе производства строительных работ опоры воспринимают нагрузки от выступающих элементов пролетных конструкций или элементов опалубки, то необходимо учитывать возможное асимметричное ветровое воздействие на такие элементы.

Примечание — Этапы производства строительных работ обычно более критичны для опор моста и некоторых типов пролетных конструкций, чем для постоянных расчетных ситуаций, возникающих после завершения строительных работ. Нормативные значения для временных расчетных ситуаций на этапе производства строительных работ указаны в EN 1991-1-6. Влияние лесов см. в 7.11.

8.4.2 Ветровые воздействия на опоры моста

(1) Воздействия ветра на опоры моста определяют методом, установленным в настоящих строительных нормах. При расчете результирующей нагрузки необходимо учитывать условия 7.6, 7.8 или 7.9.2.

Примечание 1 — Упрощенные правила могут устанавливаться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры».

Примечание 2 — В разделе «Национальные требования и национально установленные параметры» могут быть приведены методы расчета с учетом асимметричной нагрузки. Рекомендуемым методом является полное исключение расчетной ветровой нагрузки на элементы конструкции, для которых эти воздействия создают благоприятный эффект (см. 7.1.2(1)).

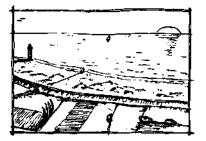
Приложение А

Влияние шероховатости местности и орографии

А.1 Графическое представление максимальных шероховатостей различных типов местности

Тип местности 0

Моря или открытые побережья морей



Тип местности I

Озера или плоская местность с незначительной растительностью без преград



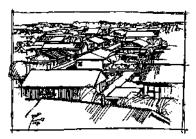
Тип местности II

Открытая местность с низкой, как трава, растительностью и изолированными отдельно стоящими преградами (деревьями, зданиями), расстояние между которыми не превышает 20-кратного значения их высот



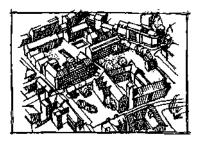
Тип местности III

Местность с равномерной растительностью или зданиями или преградами, расстояние между которыми не превышает 20-кратного значения их высот (деревни, пригородные зоны, протяженные лесные массивы)



Тип местности IV

Территории, в пределах которых, по крайней мере, 15 % поверхности покрыто зданиями, высота которых превышает 15 м



А.2 Переходы между типами местности 0, I, II, III и IV

(1) Переходы между зонами с различной шероховатостью учитывают при расчете q_p и $c_s c_d$.

Примечание — Методы устанавливают в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Ниже приведены два рекомендуемых метода.

Первый метод.

Если здание находится вблизи места изменения шероховатости местности на расстоянии:

- менее 2 км от типа местности 0;
- менее 1 км от типа местности I-III,

то применяют меньшую шероховатость местности в направлении наветренной стороны.

Небольшие зоны (площадью менее 10 % от учитываемых в других случаях) с шероховатостью, отличающейся от основной поверхности, можно не учитывать.

Второй метод:

- а) определить шероховатости местности в направлении наветренной стороны в секторах обтекания, которые необходимо учитывать;
- b) определить расстояния х между зданием и местом изменения шероховатости в каждом секторе;
- с) если расстояние *х* между зданием и зоной смены неровности меньше значения, указанного в таблице А.1, то для неровности в рассматриваемом секторе применяют меньшее значение. Если расстояние *х* больше значения, указанного в таблице А.1, то для неровности применяют большее значение.

Небольшие зоны (площадью менее 10 % от учитываемых в других случаях) с шероховатостью, отличающейся от основной поверхности, можно не учитывать.

Если в таблице A.1 не указано расстояние x или если высота здания превышает 50 м, то применяют меньшую шероховатость.

Для промежуточных значений высоты z допускается линейная интерполяция.

Здание, расположенное в определенном типе местности можно рассчитывать с применением меньшей шероховатости местности, если оно находится на расстоянии, не превышающем пределов, определенных в таблице А.1.

Таблица А.1 — Расстояние х

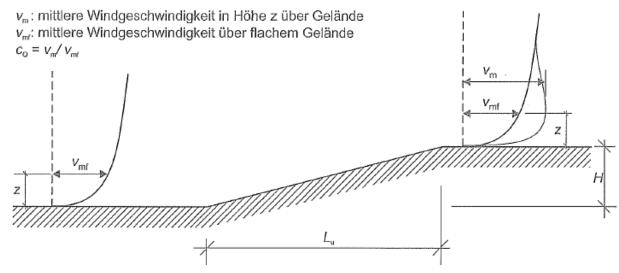
Высота <i>z</i> , м	Между I и II зоной, км	Между I и III зоной, км	Между II и III зоной, км	Между II и IV зоной, км	Между III и IV зоной, км
5	0,5	5	0,3	2,0	0,20
7	1,0	10	0,5	3,5	0,35
10	2,0	20	1,0	7,0	0,70
15	5,0		3,0	20,0	2,00
20	12,0		7,0		4,50
30	20,0		10,0		7,00
50	50,0		30,0		20,00

А.3 Численный расчет орографических коэффициентов

- (1) На изолированных возвышенностях (холмах), горных хребтах или скалах и склонах возникают разные скорости ветра из-за уклона местности $\Phi = H/L_u$ в направлении набегающего потока. В этом случае H обозначает высоту, а L_u фактическую длину, как представлено на рисунке A.1.
- (2) Наибольшее возрастание скорости ветра происходит у вершины склона и описывается орографическим коэффициентом c_{\circ} (см. рисунок А.1). Склон не оказывает существенного влияния на стандартное отклонение турбулентности, как описано в 4.4(1).

Примечание — Интенсивность турбулентности снижается с увеличением скорости ветра, стандартное отклонение, напротив, не меняется.

CH 2.01.05-2019



mittlere Windgeschwindigkeit in Hohe z uber Gelande

Средняя скорость ветра на высоте z над уровнем

mittlere Windgeschwindigkeit uber flachem Gelande

Средняя скорость ветра над ровной местностью

Рисунок А.1 — Графическое представление увеличения скорости ветра над орографией

- (3) Орографический коэффициент $c_0(z) = v_m/v_{mf}$ описывает возрастание средней скорости ветра для изолированных гор или склонов (не для холмистой местности или горных районов). Он относится к скорости ветра у подножия горы или склона. Влияние орографии необходимо учитывать в следующих ситуациях:
 - а) для мест с наветренными склонами холмов или горных хребтов:
 - если $0.05 < \Phi \le 0.3$ и $|x| \le L_{\nu}/2$;
 - b) для мест с подветренными склонами холмов или горных хребтов:
 - если Φ < 0,3 и $|x| \le L_d/2$;
 - если $\Phi \ge 0.3$ и |x| < 1.6H;
 - с) для мест с наветренными склонами скал или крутыми склонами:
 - если $0.05 < \Phi \le 0.3$ и $|x| \le L_u/2$;
 - d) для мест с подветренными склонами скал или крутыми склонами:
 - если Φ < 0.3 и $|x| \le 1.5L_e$;
 - если $\Phi \ge 0.3$ и |x| < 5H.
 - $c_{\rm o}$ определяют следующим образом:

$$c_{\rm o} = 1$$
 для $\Phi < 0.5$; (A.1)

$$c_{o} = 1 + 2s\Phi$$
 для $0,05 < \Phi < 0,3;$ (A.2)

$$c_0 = 1 + 0.6s$$
 для $\Phi > 0.3$, (A.3)

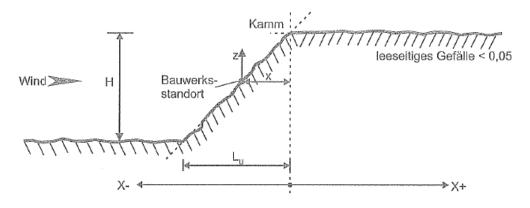
- где s локальный орографический коэффициент по рисунку A.2 или A.3 относительно эффективной длины L_e проекции подветренной стороны;
 - Ф уклон по нормали к направлению действия ветра (см. рисунки А.2 и А.3);
 - L_e эффективная длина проекции наветренной стороны по таблице A.2;
 - L_{μ} фактическая длина проекции наветренной стороны (проекция на горизонталь);
 - L_d фактическая длина проекции подветренной стороны;
 - Н эффективная высота перепада высот местности;
 - х горизонтальное расстояние между рассматриваемой и наивысшей точкой местности;
 - z вертикальное расстояние между рассматриваемой и наивысшей точкой местности.

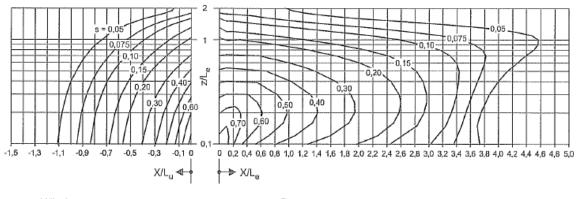
Таблица А.2 — Значения эффективной длины L_e

Плоский (0,05 < Ф ≤ 0,3)	Крутой (Ф > 0,3)
$L_e = L_u$	$L_e = H/0,3$

Примечание — Расчетные функции на рисунках А.2 и А.3 превышают определенные выше диапазоны применения. Учет влияния орографии вне этого диапазона является необязательным.

(4) В долинах допускается устанавливать коэффициент $c_0(z)$, равный 1,0, если можно исключить ускорения, вызванные эффектом диффузирования. Для расположенных в долинах сооружений или для мостов, перекрывающих такие долины, следует проверить необходимость учета повышения скорости ветра.





Wind

Bauwerksstandort Kamm

Leeseitige Gefalle

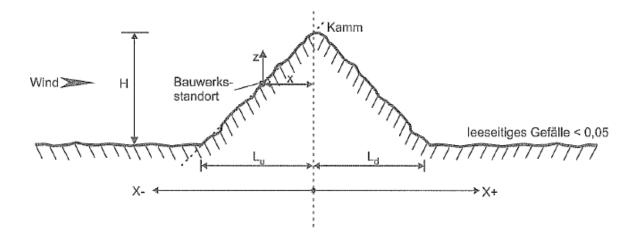
Ветер

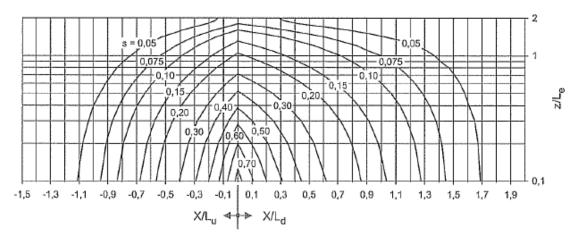
Месторасположение сооружения

Уклон с подветренной стороны

Рисунок А.2 — Коэффициент з для склонов скал или крутых склонов

(5) Формулы (А.4)–(А.7) и (А.11) могут применяться для расчетов орографического коэффициента. Так как эти формулы получены эмпирическим путем, то чрезвычайно важно, чтобы используемые параметры находились в заданных пределах, так как в противном случае следствием являются ошибочные результаты.





Wind Bauwerksstandort Kamm

Leeseitige Gefalle

Ветер

Место сооружения

Гребень

Уклон с подветренной стороны

Рисунок А.3 — Коэффициент з для гор или горных хребтов

а) Наветренная зона при любой орографии (см. рисунки А.2 и А.3)

В зонах

$$-1,5 \le \frac{X}{L_u} \le 0$$
 и $0 \le \frac{z}{L_e} \le 2,0$

применяют:

$$s = A e^{\left(B\frac{x}{L_u}\right)}, \tag{A.4}$$

где
$$A = 0,1552 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right)^4 - 0,8575 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right)^3 + 1,8133 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right)^2 - 1,9115 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right) + 1,0124$$
; (A.5)

$$B = 0.3542 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right)^2 - 1.0577 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right) + 2.6456 . \tag{A.6}$$

Для
$$\frac{X}{L_u} < -1,5$$
 или $\frac{z}{L_e} > 2$ применяют $s = 0$.

b) Подветренная зона склонов скал или крутых склонов (см. рисунок A.2)

В зонах

$$0.1 \le \frac{X}{L_e} \le 3.5 \text{ in } 0.1 \le \frac{z}{L_e} \le 2.0$$

применяют:

$$s = A \cdot \left(\log \left[\frac{X}{L_e} \right] \right)^2 + B \cdot \left(\log \left[\frac{X}{L_e} \right] \right) + C, \qquad (A.7)$$

где
$$A = -1,3420 \cdot \left(log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right)^3 - 0,8222 \cdot \left(\left[\frac{z}{L_e} \right] \right)^2 + 0,4609 \cdot log \left[\frac{z}{L_e} \right] - 0,0791;$$
 (A.8)

$$B = -1,0196 \cdot \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right)^3 - 0,8910 \cdot \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right)^2 + 0,5343 \cdot \log \left[\frac{z}{L_e} \right] - 0,1156;$$
 (A.9)

$$C = 0.8030 \cdot \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right)^3 + 0.4236 \cdot \left(\log \left[\frac{z}{L_e} \right] \right)^2 - 0.5738 \cdot \log \left[\frac{z}{L_e} \right] + 0.1606.$$
 (A.10)

В зонах $0 \le \frac{X}{L_e} \le 0,1$ проводят интерполяцию между значениями для $\frac{X}{L_e} = 0$ (s = A в формуле (A.5))

$$u \frac{X}{L_e} = 0,1$$
.

При $\frac{z}{L_e} < 0,1$ применяют значения $\frac{z}{L_e} = 0,1$.

При $X/L_e > 3.5$ или $\frac{z}{L_o} > 2.0$ применяют s = 0.

с) Подветренная зона холмов или горных хребтов (см. рисунок А.3)

В зонах

$$0 \le \frac{X}{L_a} \le 2.0 \text{ in } 0 \le \frac{z}{L_e} \le 2.0$$

применяют:

$$s = Ae^{\left(B\frac{X}{L_d}\right)},\tag{A.11}$$

где
$$A = 0,1552 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right)^4 - 0,8575 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right)^3 + 1,8133 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right)^2 - 1,9115 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right) + 1,0124$$
; (A.12)

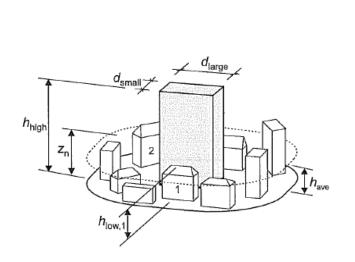
$$B = 0,3056 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right)^2 + 1,0212 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right) - 1,7637. \tag{A.13}$$

Для
$$\frac{X}{L_a} > 2,0$$
 или $\frac{z}{L_e} > 2,0$ применяют $s = 0$.

Примечание — Формулы (А.5) и (А.12) идентичны.

А.4 Влияние более высокого близлежащего здания

(1) Если здание более чем вдвое выше средней высоты h_{ave} близлежащего здания, то в первом приближении расчет данного близлежащего здания может проводиться с применением пикового значения скоростного напора на высоте z_n ($z_0 = z_n$) над уровнем земли (формула A.14), см. рисунок A.4.



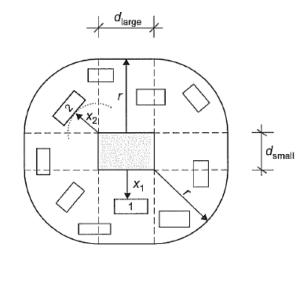


Рисунок А.4 — Влияние высокого здания на два разных соседних здания (1 и 2)

Высоту z_n определяют по формуле (A.14):

— при
$$x \le r$$
 $z_n = \frac{1}{2} \cdot r;$ $z_n = \frac{1}{2} \cdot \left(r - (1 - \frac{2h_{low}}{r}) \cdot (x - r)\right);$ (A.14) — при $x \ge 2r$ $z_n = h_{low}.$

Радиус *r* определяют следующим образом:

 $r = h_{high},$ если $h_{high} \le 2d_{large};$ $r = 2d_{large},$ если $h_{high} > 2d_{large}.$

Высота здания h_{low} , радиус r, расстояние x и размеры d_{small} и d_{large} представлены на рисунке А.4. Повышение скорости ветра можно не учитывать, если h_{low} превышает половину высоты h_{high} более высокого здания. Базовая высота в этом случае равна $z_n = h_{low}$.

А.5 Высота смещения

(1) При расположении зданий на типе местности IV близлежащие здания и другие преграды вызывают смещение профиля ветра вверх. Эта высота смещения обозначается h_{dis} и может определяться по формуле (A.15), см. рисунок A.5. Профиль скоростного напора как функцию высоты (см. рисунок 4.2) допускается смещать вверх на величину высоты смещения h_{dis} :

— при
$$x \le 2h_{ave}$$
 h_{dis} — меньшее значение из $0.8h_{ave}$ и $0.6h$; — при $2h_{ave} < x < 6h_{ave}$ h_{dis} — меньшее значение из $1.2h_{ave} - 0.2x$ и $0.6h$; — при $x \ge 6h_{ave}$ $h_{dis} = 0^*$.

При отсутствии более подробной информации для типа местности IV для средней высоты преград допускается применять значение $h_{\rm ave}$ = 15.

Применение этих правил зависит от направления ветра; при этом значения h_{ave} и x должны быть установлены для каждого углового сектора 30° согласно 4.3.2.

^{*} Исправлена опечатка.

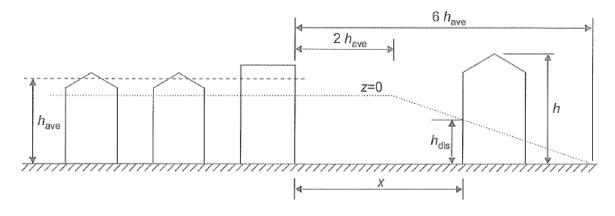


Рисунок А.5 — Высота смещения и расстояние с наветренной стороны

Приложение В

Первый метод расчета для определения конструкционного коэффициента $c_{ m s}c_{ m d}$

В.1 Турбулентность ветра

(1) Масштаб длины турбулентности L(z) представляет среднюю величину порывов естественного ветра. Для высоты z ниже 200 м масштаб длины турбулентности рассчитывают по формуле (В.1):

$$L(z) = L_t \cdot \left(\frac{z}{z_t}\right)^{\alpha}$$
 при $z \ge z_{\min}$,
$$L(z) = L(z_{\min})$$
 при $z < z_{\min}$,

принимая базовую высоту z_t = 200 м, базовый масштаб длины L_t = 300 м, α = 0,67 + 0,05ln(z_0) и параметр шероховатости z_0 , м. Минимальная высота z_{min} указана в таблице 4.1.

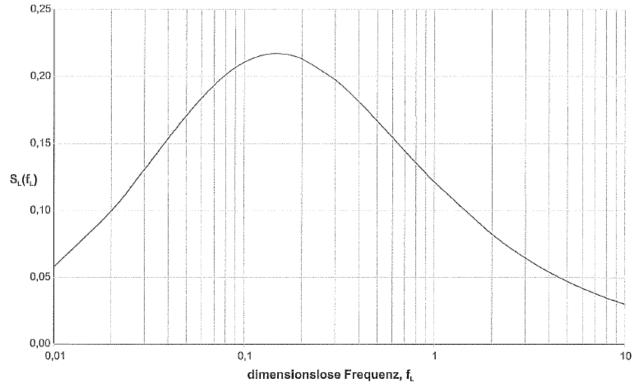
(2) Распределение воздушного потока в диапазоне частот определяется безразмерной функцией спектральной плотности силы ветра $S_L(z,n)$. Расчет осуществляется по формуле

$$S_{L}(z,n) = \frac{n \cdot S_{v}(z,n)}{\sigma_{v}^{2}} = \frac{6.8 \cdot f_{L}(z,n)}{(1+10.2 \cdot f_{L}(z,n))^{5/3}},$$
(B.2)

где $S_{\nu}(z,n)$ — односторонний дисперсный спектр ветра;

 $f_L(z,n) = \frac{n \cdot L(z)}{v_m(z)}$ — безразмерная частота, определяемая по $n = n_{1,x}$, собственной частоте изгибных

колебаний сооружения, Гц, средней скорости ветра $v_m(z)$ и масштабу длины турбулентности L(z), как представлено на рисунке В.1. Функция безразмерной спектральной плотности силы ветра представлена на рисунке В.1.



dimensionslose Frequenz

Безразмерная частота

Рисунок В.1 — Функция спектральной плотности $S_L(f_L)$

В.2 Конструкционный коэффициент $c_s c_d$

- (1) Конструкционный коэффициент $c_s c_d$ определен в 6.3.1.
- (2) Фоновая составляющая реакции B^2 учитывает отсутствие полной корреляции давления на поверхность конструкции и может рассчитываться по формуле

$$B^{2} = \frac{1}{1 + 0.9 \cdot \left(\frac{b+h}{L(z_{s})}\right)^{0.63}},$$
(B.3)

где *b*, *h* — ширина и высота сооружения, см. рисунок 6.1.

- $L(z_s)$ масштаб длины турбулентности в соответствии с В.1(1) для базовой высоты z_s , как определено на рисунке 6.1. С целью безопасности может применяться $B^2 = 1$.
- (3) Пиковый коэффициент k_p определяют как отношение максимального значения пульсационной составляющей реакции сооружения к его стандартному отклонению. Он рассчитывается по формуле (В.4) и представлен на рисунке В.2.

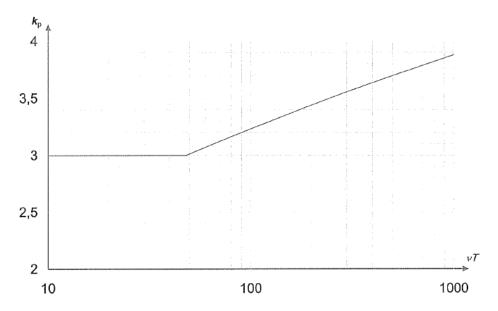


Рисунок В.2 — Пиковый коэффициент

$$k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0.6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}}$$
 или $k_p = 3$, определяющим является большее значение, (B.4)

где v — частота восходящего потока согласно (4);

T — период осреднения для средней скорости ветра, T = 600 с.

(4) Частоту восходящего потока ν определяют по формуле

$$v = n_{1,x} \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}}$$
; $v \ge 0.08 \, \Gamma \mu$, (B.5)

- где $n_{1,x}$ собственная частота изгибных колебаний сооружения, которую можно определять согласно приложению F. Ограничение $v \ge 0.08$ Гц соответствует пиковому коэффициенту 3,0.
- (5) Резонансная составляющая реакции R^2 определяет резонансные колебания с учетом формы колебаний вследствие турбулентности и определяется по формуле

$$R^{2} = \frac{\pi^{2}}{2\delta} \cdot S_{L}(z_{s}, n_{1,x}) \cdot R_{h}(\eta_{h}) \cdot R_{b}(\eta_{b}), \qquad (B.6)$$

где δ — логарифмический декремент затухания согласно приложению F (F.5);

 S_L — безразмерная функция спектральной плотности, как указано в В.1(2);

 R_h , R_b — функции аэродинамической проводимости, определяемые по формулам (В.7) и (В.8).

(6) Функции аэродинамической проводимости R_b и R_b для формы основных изгибных колебаний могут рассчитываться по формулам (В.7) и (В.8):

$$R_h = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2\eta_h^2} \cdot (1 - e^{-2 \cdot \eta_h}); \quad R_h = 1 \quad \text{для} \quad \eta_h = 0;$$
 (B.7)

$$R_b = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2\eta_b^2} \cdot (1 - e^{-2\cdot \eta_b}); \quad R_b = 1$$
 для $\eta_b = 0$. (B.8)

C применением
$$\eta_h = \frac{4,6h}{L(\mathbf{Z}_{_{\!S}})} \cdot f_L(\mathbf{Z}_{_{\!S}}, n_{_{\!1,x}})$$
 и $\eta_b = \frac{4,6b}{L(\mathbf{Z}_{_{\!S}})} \cdot f_L(\mathbf{Z}_{_{\!S}}, n_{_{\!1,x}})$.

Примечание — Для форм колебаний с дополнительными узлами колебаний требуются более точные исследования.

В.3 Количество циклов загружений для динамической реакции

(1) На рисунке В.3 показано количество N_g , при котором величина воздействия ветра ΔS достигается или превышается в течение 50 лет. ΔS — доля значения S_k , в процентах, при этом S_k является определяющим ветровым воздействием, определенным с периодом повторяемости 50 лет.

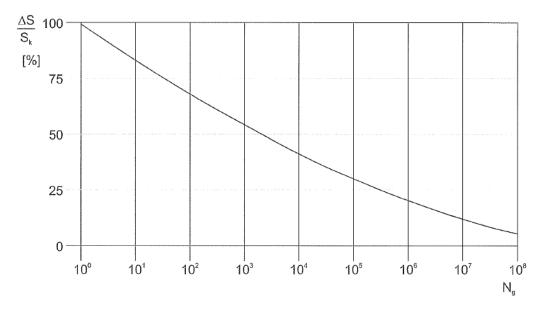


Рисунок В.3 — Количество циклов загружеий N_g при воздействии $\Delta S/S_k$ в течение 50 лет

Зависимость между $\Delta S/S_k$ и N_q указана в формуле

$$\frac{\Delta S}{S_{b}} = 0.7 \cdot (\log(N_{g}))^{2} - 17.4 \cdot \log(N_{g}) + 100.$$
 (B.9)

В.4 Перемещения и ускорения для оценки эксплуатационной пригодности вертикальных конструкций

- (1) Максимальное перемещение вдоль направления ветра устанавливают по эквивалентному статическому ветровому усилию, определяемому в соответствии с требованиями 5.3.
- (2) Стандартное отклонение $\sigma_{a,x}$ характеристического ускорения конструкции по направлению ветра на высоте z определяется по формуле

$$\sigma_{a,x}(z) = \frac{c_f \cdot \rho \cdot b \cdot l_v(z_s) \cdot v_m^2(z_s)}{m_{1,x}} \cdot R \cdot K_x \cdot \Phi_{1,x}(z), \qquad (B.10)$$

где c_f — коэффициент усилия, см. раздел 7;

ρ — плотность воздуха, см. 4.5(1);

b — ширина здания, как определено на рисунке 6.1;

- $I_{\nu}(z_{\rm s})$ интенсивность турбулентности в направлении действия ветра на высоте $z=z_{\rm s}$ по 4.4 и рисунку 6.1;
- $v_m(z_s)$ средняя скорость ветра $v_m(z)$ для $z = z_s$, см. 4.3.1(1);
- **z**s базовая высота, см. рисунок 6.1;
- R квадратный корень из резонансной составляющей реакции, см. B.2(5);
- безразмерный коэффициент, приведенный в формуле (B.11);
- $m_{1,x}$ эквивалентная масса на единицу длины в направлении действия ветра, см. приложение F (F.4(1));
- п_{1,х} собственная частота изгибных колебаний параллельно направлению действия ветра;
 более подробная информация приведена в приложении F;
- $\Phi_{1,x}(z)$ основная форма собственных колебаний параллельно направлению действия ветра; в качестве первого приближения могут использоваться формулы из приложения F.
- (3) Безразмерный коэффициент K_x определяют следующим образом:

$$K_{x} = \frac{\int_{0}^{h} V_{m}^{2}(z) \cdot \Phi_{1,x}(z) dz}{V_{m}^{2}(z_{S}) \cdot \int_{0}^{h} \Phi_{1,x}^{2}(z) dz},$$
(B.11)

где *h* — высота сооружения в соответствии с рисунком 6.1.

Примечание — При применении $\Phi_{1,x}(z) = (z/h)^{\zeta}$ (см. приложение F) и $c_0(z) = 1$ (плоская местность, см. 4.3.3) выражение (B.11) может быть аппроксимировано с применением формулы (B.12). Эта аппроксимация представлена на рисунке B.4.

$$K_{x} = \frac{(2\zeta + 1) \cdot \left\{ (\zeta + 1) \cdot \left[\ln \left(\frac{z_{s}}{z_{0}} \right) + 0.5 \right] - 1 \right\}}{(\zeta + 1)^{2} \cdot \ln \left(\frac{z_{s}}{z_{0}} \right)}, \tag{B.12}$$

где z_0 — параметр шероховатости (см. таблицу 4.1);

ζ — экспонента формы колебаний (см. приложение F).

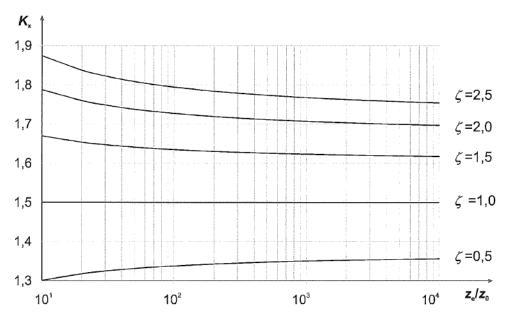


Рисунок В.4 — Аппроксимация безразмерного коэффициента K_x в соответствии с формулой (В.12)

(4) Характеристические пиковые значения ускорения определяют умножением стандартного отклонения, указанного в (2), на пиковый коэффициент по B.2(3) (приложение B) с использованием собственной частоты изгибных колебаний, т. е. $v = n_{1x}$.

Приложение С

Второй метод расчета для определения конструкционного коэффициента $c_{\rm s}c_{\rm d}$

С.1 Турбулентность ветра

(1) Турбулентность определяют по формуле В.1 (приложение В).

C.2 Конструкционный коэффициент $c_s c_d$

- (1) Конструкционный коэффициент $c_s c_d$ определен в 6.3.1.
- (2) Фоновая составляющая реакции B^2 учитывает отсутствие полной корреляции давления на поверхность конструкции и может рассчитываться по формуле

$$B^{2} = \frac{1}{1 + \frac{3}{2} \cdot \sqrt{\left(\frac{b}{L(z_{s})}\right)^{2} + \left(\frac{h}{L(z_{s})}\right)^{2} + \left(\frac{b}{L(z_{s})} \cdot \frac{h}{L(z_{s})}\right)^{2}}},$$
(C.1)

где *b*, *h* — ширина и высота сооружения, см. рисунок 6.1;

- $L(z_s)$ масштаб длины турбулентности в соответствии с В.1(1) (приложение В) для базовой высоты z_s , как определено на рисунке 6.1. С целью безопасности может применяться $B^2 = 1$.
- (3) Для определения значения пикового коэффициента k_{ρ} может быть использовано В.2(3) (приложение В).
- (4) Резонансная составляющая реакции R^2 определяет резонансные колебания с учетом формы колебаний вследствие турбулентности и определяется по формуле

$$R^{2} = \frac{\pi^{2}}{2\delta} \cdot S_{L}(z_{s}, n_{1,x}) \cdot K_{s}(n_{1,x}), \qquad (C.2)$$

где δ — логарифмический декремент затухания в соответствии с F.5 (приложение F);

 S_L — безразмерная функция спектральной плотности, как указано в B.1(2) (приложение B);

 $n_{1,x}$ — собственная частота изгибных колебаний параллельно направлению действия ветра, значение которой может быть определено по приложению F;

- $K_{\rm s}~~$ функция уменьшения размера, как указано в (5).
- (5) Функция уменьшения размера K_s может быть аппроксимирована с применением формулы

$$K_s(n) = \frac{1}{1 + \sqrt{(G_y \cdot \varphi_y)^2 + (G_z \cdot \varphi_z)^2 + \left(\frac{2}{\pi} \cdot G_y \cdot \varphi_y \cdot G_z \cdot \varphi_z\right)^2}},$$
(C.3)

где
$$\varphi_y = \frac{c_y bn}{v_m(z_s)}, \varphi_z = \frac{c_z hn}{v_m(z_s)}.$$

Постоянные G_y и G_z зависят от изменения формы собственных изгибных колебаний параллельно горизонтальной оси y и вертикальной оси z (в указанной последовательности). Обе постоянные затухания c_v и c_z равны 11,5.

(6) Постоянная G, приведенная в (5), и постоянная K для расчета ускорений представлены в таблице C.1.

Таблица С.1 — G и K как функции форм колебаний

Форма колебаний	Равномерная	Линейная	Параболическая	Синусоидальная
G	1/2	3/8	5/18	$4/\pi^2$
К	1	3/2	5/3	4/π

Окончание таблицы С.1

Примечание 1 — Для зданий с равномерной горизонтальной и линейной вертикальной формами колебаний применяют: $\Phi(y,z) = z/h$, $G_y = \frac{1}{2}$, $G_z = 3/8$, $K_y = 1$ и $K_z = 3/2$.

Примечание 2 — Для дымовых труб с равномерной горизонтальной и параболической вертикальной формами колебаний применяют: $\Phi(y,z) = z^2/h^2$, $G_y = 1/2$, $G_z = 5/18$, $K_y = 1$ и $K_z = 5/3$.

Примечание 3 — Для мостов с синусоидальной горизонтальной формой колебаний применяют:

 $\Phi(y,z) = \sin(\pi \cdot y/b), G_v = 4/\pi^2, G_z = 1/2, K_v = 4/\pi, K_z = 1.$

С.3 Количество циклов нагружений для динамической реакции

(1) Количество нагружений может быть принято в соответствии с приложением В (В.З).

С.4 Перемещения и ускорения для оценки эксплуатационной пригодности вертикальных конструкций

- (1) Максимальное перемещение по направлению действия ветра устанавливают по эквивалентному статическому ветровому усилию в соответствии с требованиями 5.3.
- (2) Стандартное отклонение $\sigma_{a,x}$ характеристического ускорения конструкции по направлению действия ветра на высоте z определяется по формуле

$$\sigma_{a,x}(y,z) = c_f \rho I_v(z_s) \cdot v_m^2(z_s) \cdot R \cdot \frac{K_y \cdot K_z \cdot \Phi(y,z)}{\mu_{ref} \Phi_{max}}, \qquad (C.4)$$

где c_f — коэффициент усилия, см. раздел 7;

ρ — плотность воздуха, см. 4.5(1);

 $I_{\nu}(z_{\rm s})$ — интенсивность турбулентности в направлении действия ветра на высоте $z=z_{\rm s}$ по 4.4 и рисунку 6.1;

 $V_m(z_s)$ — средняя скорость ветра для $z = z_s$, см. 4.3.1(1);

z_s — базовая высота, см. рисунок 6.1;

— квадратный корень из резонансной составляющей реакции, см. С.2(4);

 $K_{v.}K_{z}$ — постоянные, как указано в C.2(6);

— базовая масса на единицу площади, см. приложение F (F.5(3));

 $\Phi (y,z)$ — форма колебаний;

 Φ_{max} — значение амплитудной точки формы колебания.

(3) Характеристические пиковые значения ускорения определяют умножением стандартного отклонения, указанного в (2), на пиковый коэффициент из приложения В (В.2(3)) с использованием собственной частоты изгибных колебаний, т. е. $v = n_{1,x}$.

Базируется на:

 $\delta_{\rm s} = 0.05$

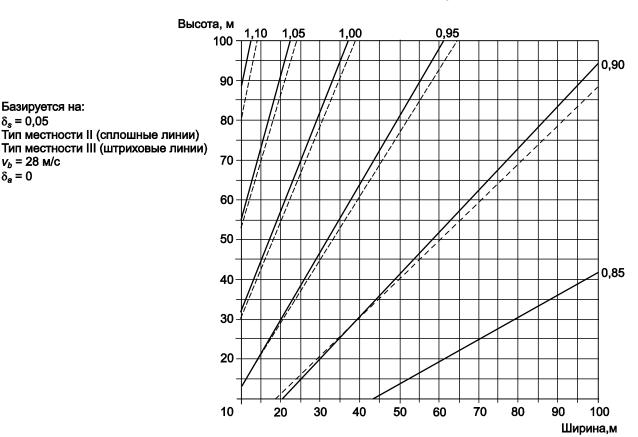
 $v_b = 28 \text{ m/c}$ $\delta_a = 0$

Приложение D

Значения конструкционного коэффициента $c_s c_d$ для разных типов зданий

(1) Собственные частоты и формы колебаний конструкций, которые представлены в данном приложении, получены аналитически или с использованием формул из приложения F.

$c_s c_d$ для многоэтажных зданий со стальным каркасом



Примечание — Для значений, превышающих 1,1, следует применять уточненный метод по 6.3 (допустимое минимальное значение $c_s c_d = 0.85$).

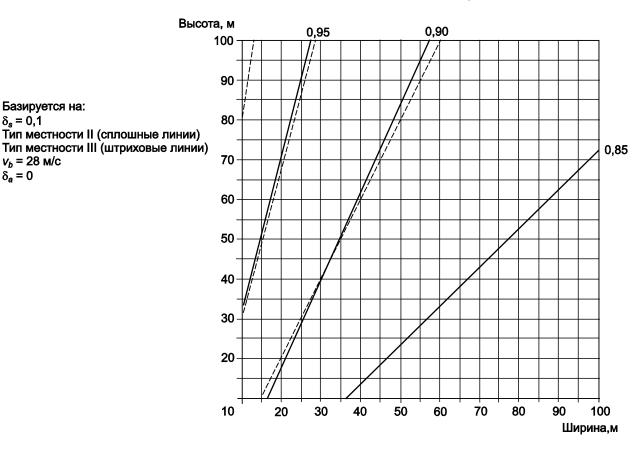
Рисунок D.1 — Значения конструкционного коэффициента $c_s c_d$ для многоэтажных зданий со стальным каркасом прямоугольных в плане и с вертикальными наружными ограждениями, а также с равномерно распределенными массами и жесткостями (частота в соответствии с формулой (F.2))

Базируется на:

 $\delta_s = 0.1$

 $v_b = 28 \text{ m/c}$ $\delta_a = 0$

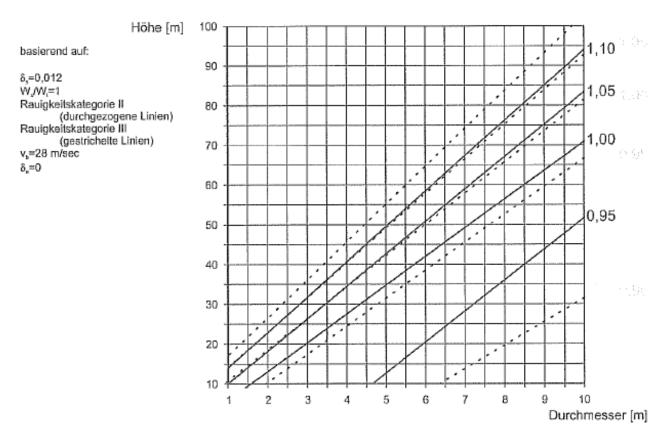
$c_s c_d$ для многоэтажных зданий с железобетонным каркасом



Примечание — Для значений, превышающих 1,1, следует применять уточненный метод по 6.3 (допустимое минимальное значение $c_s c_d = 0.85$).

> Рисунок D.2 — Значения конструкционного коэффициента $c_s c_d$ для многоэтажных зданий с железобетонным каркасом прямоугольных в плане и с вертикальными наружными ограждениями, а также с равномерно распределенными массами и жесткостями (частота в соответствии с формулой (F.2))

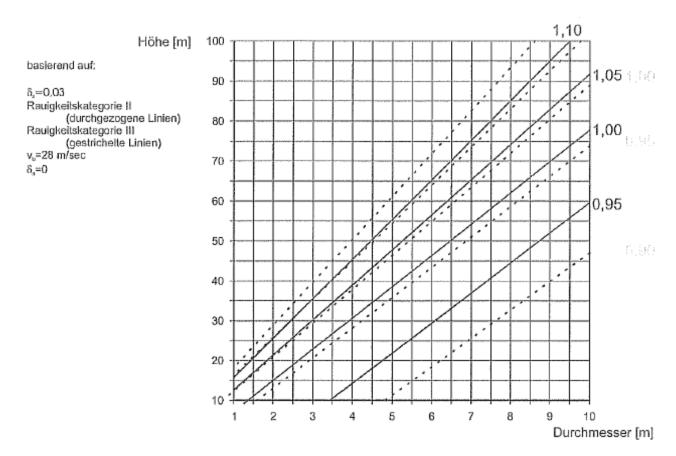
$c_s c_d$ для стальных дымовых труб без футеровки



Примечание — Для значений, превышающих 1,1, следует применять уточненный метод по 6.3 (допустимое минимальное значение $c_s c_d = 0.85$).

Рисунок D.3 — Значения конструкционного коэффициента $c_s c_d$ для стальных дымовых труб без футеровки (частота в соответствии с формулой (F.3), при ϵ_1 = 1 000 и W_s/W_t = 1,0)

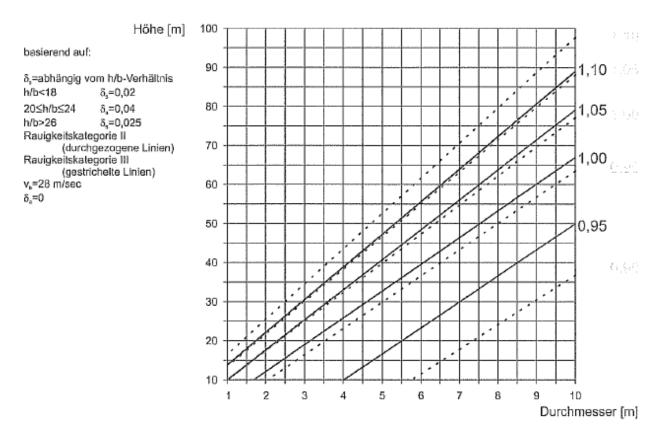
$c_s c_d$ для железобетонных дымовых труб без футеровки



Примечание — Для значений, превышающих 1,1, следует применять уточненный метод по 6.3 (допустимое минимальное значение $c_s c_d = 0.85$).

Рисунок D.4 — Значения конструкционного коэффициента $c_s c_d$ для железобетонных дымовых труб без футеровки (частота в соответствии с формулой (F.3), при ϵ_1 = 700 и W_s/W_t = 1,0)

$c_s c_d$ для стальных дымовых труб с футеровкой



Примечание — Для значений, превышающих 1,1, следует применять уточненный метод по 6.3 (допустимое минимальное значение $c_s c_d = 0.85$).

Рисунок D.5 — Значения конструкционного коэффициента $c_s c_d$ для стальных дымовых труб с футеровкой (частота в соответствии с формулой (F.3), при ϵ_1 = 1000 и W_s/W_t = 1,0)

Приложение Е

Вихревое возбуждение и динамические неустойчивости

Е.1 Вихревое возбуждение

Е.1.1 Общие положения

- (1) Вихревое возбуждение возникает, если вихри попеременно распространяются от противоположных сторон конструкции, в результате чего возникает переменная нагрузка, нормальная направлению действия ветра. Если частота вихревых возбуждений равняется собственной частоте конструкции, в конструкции могут возникнуть колебания. Это условие имеет место, если скорость ветра соответствует критической скорости ветра, определенной в Е.1.3.1. Обычно критическая скорость ветра является часто появляющейся скоростью, так что циклическая нагрузка и связанное с ней количество циклов нагружения могут стать важными для расчета.
- (2) Реакция системы вследствие вызываемых вихревым возбуждением колебаний состоит из широкого и узкого диапазона частот. Широкий диапазон реакций существует всегда, независимо от того, перемещается конструкция или нет. Узкий диапазон частот возникает, если действует ветровая нагрузка, вызывающая колебания.

Примечание 1 — Широкий диапазон реакций конструкции особенно важен для железобетонных или тяжелых металлических конструкций.

Примечание 2 — Узкий диапазон реакций конструкции особенно важен для легких металлоконструкций.

Е.1.2 Критерии для вихревого возбуждения

- (1) Эффект вихревого возбуждения должен исследоваться, если отношение максимального размера конструкции к минимальному в плоскости, нормальной направлению действия ветра, превышает значение, равное 6.
 - (2) Вызываемое вихревое возбуждение исследовать не нужно, если

$$V_{crit,l} > 1,25V_m, \tag{E.1}$$

где $v_{crit,l}$ — критическая скорость ветра согласно Е.1.3.1 для *i*-ой собственной формы колебаний;

 v_m — средняя скорость ветра, соответствующая 10-минутному интервалу осреднения по 4.3.1(1) в зоне поперечного сечения, где возникает вихревое возбуждение (рисунок Е.3).

Е.1.3 Базовые параметры для вихревого возбуждения

E.1.3.1 Критическая скорость ветра $v_{crit.i}$

(1) Критическая скорость ветра *i*-ой формы изгибного колебания определена как скорость ветра, при которой частота вихревого возбуждения равна частоте собственных колебаний (модельная форма *i*) конструкции или конструктивного элемента. Она рассчитывается по формуле

$$V_{crit,i} = \frac{bn_{i,y}}{St}, \tag{E.2}$$

- где *b* базовая ширина поперечного сечения в зоне вихревого возбуждения, в которой возникает максимальное модальное перемещение конструкции или конструктивного элемента; для круговых цилиндров базовая ширина равна наружному диаметру;
 - *n*_{i,y} собственная частота *i*-ой формы изгибных колебаний по нормали к направлению действия ветра. Приближенные формулы указаны в приложении F (F.2);
 - St число Струхаля в соответствии с E.1.3.2.
- (2) Критическая скорость ветра для элиптической формы колебаний цилиндрических оболочек определяется как скорость ветра, при которой частота колебаний вихревого возбуждения вдвое больше собственной частоты колебаний *i*-ой эллиптической формы цилиндрической оболочки:

$$V_{crit,i} = \frac{bn_{i,0}}{2 \cdot St}, \tag{E.3}$$

где *b* — внешний диаметр оболочки;

St — число Струхаля в соответствии с E.1.3.2;

 $n_{i,0}$ — собственная частота эллиптической i-ой формы колебаний оболочки.

Примечание 1 — Для оболочек без колец жесткости значение n_0 указано в приложении F (F.2(3)).

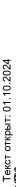
Примечание 2 — Методы расчета эллиптических колебаний оболочек в приложении Е не указаны.

Е.1.3.2 Число Струхаля St

(1) Число Струхаля St для разных поперечных сечений указано в таблице E.1.

Таблица Е.1 — Числа Струхаля St для разных поперечных сечений

Поперечное сечение	St	
Для всех чисел Рейнольдса		0,18
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$		По рисунку Е.1
, d	<i>d/b</i> = 1	0,11
* *	d/b = 1,5	0,10
Допустима линейная интерполяция	d/b = 2	0,14
допустима линеиная интерполяция	<i>d/b</i> = 1	0,13
$\longrightarrow \qquad \qquad \downarrow b$	d/b = 2	0,08
Допустима линейная интерполяция		
<u>d</u>	<i>d/b</i> = 1	0,16
$\longrightarrow \qquad \qquad \downarrow b$	d/b = 2	0,12
Допустима линейная интерполяция		
d d/b =		0,11
допустима линейная интерполяция		0,07
Примечание — Экстраполяция чисел Струхаля как	функции <i>d/h</i> не	допускается.
The sine territor of the second state of the second state of the second	Trinquia dio no	Horry State Toyl.



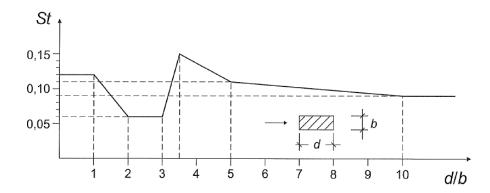


Рисунок Е.1 — Число Струхаля St для прямоугольных поперечных сечений с острыми кромками

Е.1.3.3 Число Скрутона Sc

(1) Восприимчивость к колебаниям зависит от амортизации (демпфирования) конструкции и от отношения массы сооружения к массе текучей среды. Это отношение выражается как число Скрутона по формуле

$$Sc = \frac{2\delta_s m_{i,e}}{\rho b^2}, \qquad (E.4)$$

— амортизация (демпфирование) конструкции, выраженная логарифмическим декрементом затухания;

плотность воздуха;

 $m_{i,e}$ — эквивалентная масса на единицу длины по формуле (F.14) (приложение F);

базовая ширина поперечного сечения в зоне вихревого возбуждения.

Примечание — Значение плотности воздуха р может указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендованное значение составляет около 1,25 кг/м³.

Е.1.3.4 Число Рейнольдса Re

(1) У круговых цилиндров нагрузка от вихревого возбуждения колебаний зависит от числа Рейнольдса Re при критической скорости ветра $v_{crit.i}$. Число Рейнольдса рассчитывают по формуле

$$Re(v_{crit,i}) = \frac{bv_{crit,i}}{v}, \qquad (E.5)$$

 наружный диаметр кругового цилиндра; где b

— кинетическая вязкость воздуха ($v \approx 15 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{c}$);

 V_{crit} — критическая скорость ветра по Е.1.3.1.

Е.1.4 Нагрузка вследствие вихревого возбуждения

(1) Нагрузки вследствие колебаний от вихревого возбуждения рассчитывают из сил инерции системы. Силы инерции на единицу длины $F_w(s)$, которые действуют на конструкцию нормально направлению действия ветра в месте s, могут рассчитываться по формуле

$$F_{w}(s) = m(s) \cdot (2\pi \cdot n_{1,v})^{2} \cdot \Phi_{i,v}(s) \cdot y_{F,max},$$
 (E.6)

где m(s)— колеблющаяся масса конструкции, отнесенная к длине, кг/м;

собственная частота i-ой формы колебаний конструкции;

 $\Phi_{i,v}(s)$ — форма колебаний конструкции, нормированная к единице в точке с максимальным перемещением (амплитудой колебаний);

— максимальное перемещение во времени (амплитуда колебаний) в точке с $\Phi_{i,v}(\mathbf{s}) = 1$, $y_{F,max}$ см. Е.1.5.

Е.1.5 Расчет амплитуды поперечных колебаний

Е.1.5.1 Общие положения

(1) В Е.1.5.2 и Е.1.5.3 указаны два разных метода расчета амплитуд поперечных колебаний.

Примечание 1 — Выбор метода расчета или альтернативного принципа расчета может быть установлен в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры».

Примечание 2 — Непосредственное сравнение приближенных методов по Е.1.5.2 и Е.1.5.3 невозможно, так как некоторые входные параметры выбираются для разных условий окружающей среды. В разделе «Национальные требования и национально установленные параметры» могут быть указаны границы применения соответствующего метода.

Примечание 3 — Совместное применение методов расчета по Е.1.5.2 и Е.1.5.3 не допускается, за исключением случаев, когда на это явно указано в тексте.

- (2) Метод расчета по Е.1.5.2 может применяться для различных видов конструкций и различных форм колебаний. Метод включает влияние турбулентности ветра и шероховатости и может применяться для нормальных климатических условий.
- (3) Метод расчета по Е.1.5.3 может применяться для определения реакции консольных конструкции на первую форму колебаний. Условиями являются постоянные размеры нормально направлению действия ветра параллельно основной оси. Метод обычно применим для дымовых труб и мачт. Метод не может применяться для сгруппированных или расположенных в ряд цилиндров. Этот метод позволяет учитывать различные интенсивности турбулентности, которые могут возникать из-за метеорологических условий. В районах, в которых вероятны низкие температуры и стратифицированное течение (например, в прибрежных районах Северной Европы), можно применять принцип расчета по Е.1.5.3.

Примечание — В разделе «Национальные требования и национально установленные параметры» могут указываться те регионы, в которых вероятны низкие температуры и стратифицированное течение. Для этих регионов наиболее подходящим является расчет по второму методу из Е.1.5.3. Раздел «Национальные требования и национально установленные параметры» может определять входные параметры (как например, K_a или интенсивность турбулентности), применяемые в этом методе.

Е.1.5.2 Первый метод для расчета амплитуды поперечных колебаний

Е.1.5.2.1 Расчет перемещения

(1) Максимальное перемещение $y_{F,max}$ рассчитывают по формуле

$$\frac{y_{F,\text{max}}}{b} = \frac{1}{St^2} \cdot \frac{1}{Sc} \cdot KK_w c_{lat}, \qquad (E.7)$$

где St — число Струхаля по таблице E.1;

Sc — число Скрутона по Е.1.3.3;

 K_w — коэффициент приведенной длины по E.1.5.2.4;

К — коэффициент формы колебаний по Е.1.5.2.5;

 c_{lat} — аэродинамический коэффициент вихревого возбуждения по таблице Е.3.

Примечание — Аэродинамические силы учитываются через коэффициент корреляции длины К_w.

Е.1.5.2.2 Аэродинамический коэффициент вихревого возбуждения c_{lat}

(1) Базовые значения аэродинамических коэффициентов вихревого возбуждения $c_{lat,0}$ указаны в таблице E.2.

Таблица Е.2 — Базовые значения аэродинамических коэффициентов вихревого возбуждения c_{lat} для разных поперечных сечений

Поперечное сечение	C _{lat,0}
\longrightarrow b	См. рисунок Е.2
Для всех чисел Рейнольдса	

Окончание таблицы Е.2

Поперечное сечение		C _{lat,0}
$ \begin{array}{c c} d \\ \hline 0,5 \le d/b \le 10 \end{array} $		1,1
d	<i>d/b</i> = 1	0,8
1 1 +	d/b = 1,5	1,2
	d/b = 2	0,3
Допустима линейная интерполяция	d/b = 1	1,6
Допустима линейная интерполяция	d/b = 2	2,3
J d J	d/b = 1	1,4
	d/b = 2	1,1
Допустима линейная интерполяция	- III- A O	0.0
$\downarrow d \downarrow$	d/b = 1,3	0,8
\longrightarrow \downarrow	<i>d/b</i> = 2,0	1,0
Допустима линейная интерполяция		
<i>Примечание</i> — Экстраполяция коэффициенто	в вихревого возбуждени	ıя как функции <i>d/b</i> не допускается.

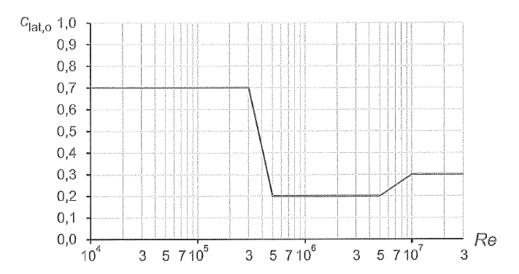


Рисунок Е.2 — Базовые значения аэродинамических коэффициентов вихревого возбуждения $c_{lat,0}$ в зависимости от числа Рейнольдса $\text{Re}(v_{crit,i})$ для круговых цилиндров (см. Е.1.3.4)

(2) Аэродинамический коэффициент вихревого возбуждения c_{lat} указан в таблице Е.3.

Таблица Е.3 — Аэродинамический коэффициент вихревого возбуждения c_{lat} в зависимости от отношения критической скорости ветра к средней скорости ветра $v_{crit,i} / v_{m,Lj}$

Критическое отношение скоростей ветра	C _{lat}
$\frac{v_{crit,i}}{v_{m,Lj}} \le 0.83$	$c_{lat} = c_{lat,0}$
$0.83 \le \frac{v_{crit,i}}{v_{m,Lj}} \le 1.25$	$\mathbf{c}_{lat} = \left(3 - 2, 4 \cdot \frac{\mathbf{v}_{crit,i}}{\mathbf{v}_{m,Lj}}\right) \cdot \mathbf{c}_{lat,0}$
$1,25 \le \frac{v_{crit,i}}{v_{m,Lj}}$	$c_{lat}=0$

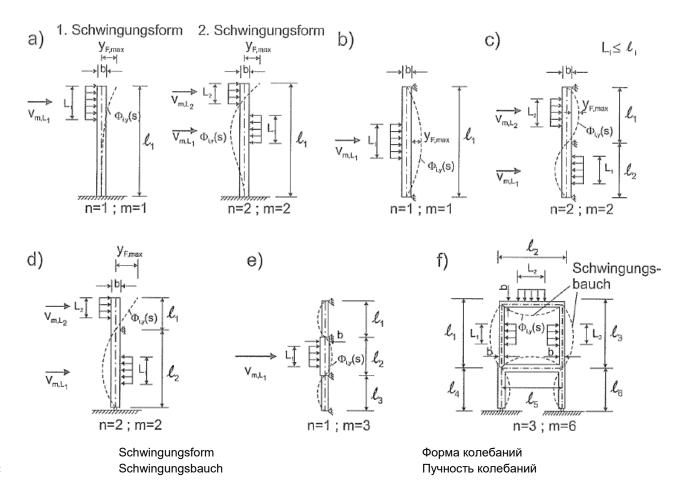
 $c_{lat,0}$ — основное значение c_{lat} по таблице Е.2 и для круговых цилиндров по рисунку Е.2;

 $V_{crit,i}$ — критическая скорость ветра (см. Е.1.3.1);

 $v_{m,Lj}$ — средняя скорость ветра (см. 4.3.1) в середине эффективной приведенной длины по рисунку Е.3.

Е.1.5.2.3 Корреляционная длина L_i

(1) Корреляционная длина L_j должна размещаться в области пучности колебаний. Примеры приведены на рисунке Е.З. Для мачтовых вышек с оттяжками и многопролетных мостов требуются специальные исследования.



Примечание — При указании более одной корреляционной длины, их применяют одновременно с использованием наибольшего значения c_{lat} .

Рисунок Е.3 — Примеры использования корреляционной длины L_i (i = 1, 2, 3)

Таблица Е.4 — Корреляционная длина L_i как функция амплитуды колебаний $y_F(s_i)$

y _F (s _j)/b	L _i /b
<0,1	6
0,1 – 0,6	$4.8+12\cdot\frac{y_F(s_j)}{b}$
>0,6	12

E.1.5.2.4 Коэффициент эффективной корреляционной длины K_{w}

(1) Коэффициент эффективной корреляционной длины K_{w} следует определять по формуле

$$K_{w} = \frac{\sum_{j=1}^{n} \int_{L_{j}} |\Phi_{i,y}(s)| ds}{\sum_{j=1}^{m} \int_{L_{j}} |\Phi_{i,y}(s)| ds} \le 0.6,$$
(E.8)

где $\Phi_{l,y}$ — *i*-ая форма колебаний (см. приложение F, F.3);

корреляционная длина;

— длина конструкции между двумя узловыми точками (см. рисунок Е.3); для консольных систем длина идентична высоте конструкции;

- *п* количество зон, в которых одновременно возникает вихревое возбуждение (см. рисунок Е.3);
- m количество пучностей колебаний учитываемой формы колебаний $\Phi_{i,y}$ колеблющейся системы;
- s координата по рисунку Е.5.
- (2) Для некоторых простых конструкций, которые колеблются в основной форме и на которые воздействует вихревое возбуждение, как в таблице E.5, коэффициент приведенной длины K_w допускается определять приближенно по формулам, приведенным в таблице E.5.

Таблица Е.5 — Коэффициент эффективной корреляционной длины K_w и коэффициент K формы колебаний простых конструкций

Конструкция	Форма колебаний $\Phi_{i,y}\left(\mathbf{s}\right)$	K _w	К
	См. F.3 (приложение F) с ζ = 2,0; n = 1; m = 1	$3 \cdot \frac{L_j / b}{\lambda} \cdot \left[1 - \frac{L_j / b}{\lambda} + \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{L_j / b}{\lambda} \right)^2 \right]$	0,13
$ \begin{array}{c c} & \downarrow^{L_j} \\ & \downarrow^{S} & \downarrow^{E} \\ & \downarrow^{\Phi_{ly}(S)} & \downarrow^{D} \end{array} $	См. таблицу F.1 (приложение F) n = 1; m = 1	$\cos\left[\frac{\pi}{2}\cdot\left(1-\frac{L_{j}/b}{\lambda}\right)\right]$	0,10
	См. таблицу F.1 (приложение F) n = 1; m = 1	$\frac{L_j / b}{\lambda} + \frac{1}{\pi} \cdot \sin \left[\pi \cdot \left(1 - \frac{L_j / b}{\lambda} \right) \right]$	0,11
F_2 F_3	Модальный анализ n = 3; m = 3	$\frac{\sum\limits_{j=1}^{n}\int\limits_{L_{j}}\left \Phi_{i,y}(s)ds\right }{\sum\limits_{j=1}^{m}\int\limits_{l_{j}}\left \Phi_{i,y}(s)ds\right }$	0,10

Примечание 1 — Форму колебаний $\Phi_{i,y}(s)$ определяют, как приведено в приложении F (F.3). Параметры n и m определены в формуле (E.8) и указаны на рисунке E.3.

Примечание 2 — $\lambda = l/b$.

Е.1.5.2.5 Коэффициент формы колебаний

(1) Коэффициент формы колебаний К определяют по формуле

$$K = \frac{\sum_{j=1}^{m} \int_{l_{j}} |\Phi_{i,y}(s)| ds}{4\pi \cdot \sum_{j=1}^{m} \int_{l_{j}} |\Phi^{2}_{i,y}(s)| ds},$$
(E.9)

где *т* — определяют по E.1.5.2.4(1);

 $\Phi_{i,v}(s)$ — *i*-ая форма поперечных колебаний (см. приложение F, F.3);

 l_i — длина конструкции между двумя узловыми точками (см. рисунок Е.3).

(2) Для некоторых простых конструкций, колеблющихся в основной форме колебаний, коэффициент указан в таблице Е.5.

Е.1.5.2.6 Количество циклов загружений

(1) Количество N циклов загружений, вызываемых вихревым возбуждением колебаний, можно определять по формуле

$$N = 2T \cdot n_{y} \cdot \varepsilon_{0} \cdot \left(\frac{v_{crit}}{v_{0}}\right)^{2} \cdot \exp\left(-\left(\frac{v_{crit}}{v_{0}}\right)^{2}\right), \tag{E.10}$$

где n_y — собственная частота, Гц, *i*-ой формы поперечных колебаний конструкции; приближенные методы указаны в приложении F;

 v_{crit} — критическая скорость ветра, м/с, по Е.1.3.1;

 $v_0 - \sqrt{2}$ - кратное наиболее вероятного значения (модальная величина v_{mod}) распределения вероятностей Вейбулла средней скорости ветра, м/с;

 Т — проектный срок службы в секундах, соответствующий 3,2 ⋅ 10⁷-кратному требуемому сроку службы в годах;

ε₀ — коэффициент ширины диапазона частот, описывающий ширину диапазона скоростей ветра, индуцирующих вихревое возбуждение колебаний.

Примечание 1 — В разделе «Национальные требования и национально установленные параметры» можно установливать минимальное значение N. Рекомендуемое значение $N ≥ 10^4$.

Примечание 2 — Для значения v_0 может приниматься 20 % характеристической средней скорости ветра на высоте поперечного сечения, где возникает вихревое возбуждение (см. 4.3.1(1)).

Примечание 3 — Коэффициент ширины диапазона частот $ε_0$ может принимать значения от 0,1 до 0,3. Он может приниматься как $ε_0$ = 0,3.

E.1.5.2.7 Резонансное вихревое возбуждение для сгруппированных или расположенных в ряд

вертикальных цилиндров

(1) У сгруппированных или расположенных в ряд круговых цилиндров со связью и без нее (см. рисунок Е.4) могут возникать вызываемые вихревым возбуждением колебания.

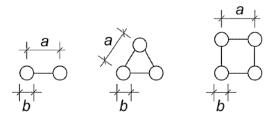


Рисунок Е.4 — Сгруппированные или расположенные в ряд цилиндры

(2) Максимальное перемещение может оцениваться по формуле (Е.7) и с применением методов расчета по Е.1.5.2 и модификаций соответственно формулам (Е.11) и (Е.12).

Для цилиндров, расположенных в ряд, без связи применяют:

$$c_{lat} = 1,5c_{lat(single)}$$
 для $1 \le \frac{a}{b} \le 10$; $c_{lat} = c_{lat(single)}$ для $\frac{a}{b} \ge 15$; линейную интерполяцию для $10 \le \frac{a}{b} \le 15$; $(E.11)$ $St = 0,1+0,085 \cdot \log\left(\frac{a}{b}\right)$ для $1 \le \frac{a}{b} \le 9$; $St = 0,18$ для $\frac{a}{b} \ge 9$,

где $c_{lat(single)} = c_{lat}$ по таблице Е.3.

Для цилиндров со связями применяют:

$$c_{lat} = K_{iv}c_{lat(single)}$$
 для $1,0 \le a/b \le 3,0,$ (E.12)

где K_{iv} — коэффициент интерференции для вихревого возбуждения (таблица Е.8);

St — число Струхаля по таблице E.8;

Sc — число Скрутона по таблице E.8.

Для цилиндров со связями при a/b > 3,0 требуются специальные исследования.

Примечание 1 — Коэффициент 1,5 c_{lat} для круговых цилиндров без связи является грубым приближением. Это приближение рассматривается как консервативное.

Е.1.5.3 Второй метод для расчета амплитуды поперечных колебаний

(1) Характеристическое максимальное перемещение y_{max} для точки с наибольшей деформацией можно рассчитать по формуле

$$y_{\text{max}} = \sigma_{\nu} k_{\rho}, \tag{E.13}$$

где σ_{v} — стандартное отклонение для перемещения, см. (2);

 k_p — пиковый коэффициент, см. (6).

(2) Стандартное отклонение σ_y для перемещения, отнесенное к ширине b в точке с наибольшей деформацией (Φ = 1), может рассчитываться по формуле

$$\frac{\sigma_{y}}{b} = \frac{1}{St^{2}} \cdot \frac{C_{c}}{\sqrt{\frac{Sc}{4\pi} - K_{a} \cdot \left(1 - \left(\frac{\sigma_{y}}{b \cdot a_{L}}\right)^{2}\right)}} \cdot \sqrt{\frac{\rho b^{2}}{m_{e}}} \cdot \sqrt{\frac{b}{h}},$$
 (E.14)

где C_c — аэродинамическая постоянная, зависящая от формы поперечного сечения, а для круговых цилиндров — также от числа Рейнольдса Re, которое определено в E.1.3.4(1) и указано в таблице E.6;

 K_a — постоянная аэродинамического затухания;

 а_L — нормированная предельная амплитуда, которая определяет перемещение конструкций с очень незначительными значениями затухания; приведена в таблице Е.6;

Sc — число Скрутона согласно Е.1.3.3

St — число Струхаля согласно таблице Е.1;

 — плотность воздуха в условиях поперечных колебаний, см. примечание 1;

 $m_{\rm e}$ — эффективная масса на единицу длины, по F.4(1);

h, *b* — высота и ширина конструкции. Для конструкции с переменной шириной используется ширина с наибольшим перемещением.

Примечание 1 — Значение плотности воздуха ρ может указываться в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». Рекомендуемое значение равно 1,25 кг/м³.

Примечание 2 — Аэродинамическая постоянная C_c зависит от подъемной силы, действующей на неподвижную конструкцию.

Примечание 3 — Вызываемые движением ветровые нагрузки учитывают за счет применения K_a и a_L .

(3) Решение формулы (Е.14) приведено в формуле (Е.15).

$$\left(\frac{\sigma_{y}}{b}\right)^{2} = c_{1} + \sqrt{c_{1}^{2} + c_{2}} . \tag{E.15}$$

При этом постоянные c_1 и c_2 определены следующим образом:

$$c_1 = \frac{a_L^2}{2} \cdot \left(1 - \frac{Sc}{4\pi K_a}\right); \quad c_2 = \frac{\rho b^2}{m_e} \cdot \frac{a_L^2}{K_a} \cdot \frac{C_c^2}{St^4} \cdot \frac{b}{h}. \tag{E.16}$$

(4) постоянная аэродинамического затухания K_a снижается с возрастанием интенсивности турбулентности. При интенсивности турбулентности 0 % постоянная аэродинамического затухания принимает значение $K_{a,\max}$, которое приведено в таблице E.6.

Примечание — Если для интенсивности турбулентности используется значение $K_{a,\text{max}}$ больше 0 %, то получают консервативный прогноз перемещения. В разделе «Национальные требования и национально установленные параметры» может указываться более точная информация о влиянии турбулентности на значение $K_{a,\text{max}}$.

(5) Для круговых цилиндров и квадратных поперечных сечений постоянные C_c , $K_{a,\max}$ и a_L указаны в таблице E.6.

Таблица Е.6 — Постоянные для определения воздействия вихревого возбуждения

Постоянная	Круговой цилиндр <i>Re</i> ≤ 10 ⁵	Круговой цилиндр <i>Re</i> = 5 · 10 ⁵	Круговой цилиндр <i>Re</i> ≥ 10 ⁶	Квадратное поперечное сечение
C _c	0,02	0,005	0,01	0,04
$K_{a, \max}$	2	0,5	1	6
a_{L}	0,4	0,4	0,4	0,4

Примечание — Для круговых цилиндров принимается, что значения постоянных C_c и $K_{a,max}$ пропорциональны логарифму числа Рейнольдса для диапазона $10^5 < Re < 5 \cdot 10^5$ и $5 \cdot 10^5 < Re < 10^6$.

(6) Следует учитывать пиковый коэффициент k_p .

Примечание — Пиковый коэффициент может быть определен в разделе «Национальные требования и национально установленные параметры». По формуле (Е.17) получают рекомендуемые значения.

$$k_p = \sqrt{2} \cdot \left\{ 1 + 1.2 \cdot \arctan \cdot \left(0.75 \cdot \left(\frac{Sc}{4\pi K_a} \right)^4 \right) \right\}.$$
 (E.17)

(7) Количество N циклов загружений, вызываемых вихревым возбуждением колебаний, определяют по E.1.5.2.6 с использованием коэффициента ширины диапазона частот ε_0 = 0,15.

Е.1.6 Мероприятия по предотвращению возникновения вихревых возбуждений

- (1) Резонансные амплитуды вихревых возбуждений можно снижать за счет использования аэродинамических мер (только при выполнении определенных условий, например для чисел Скрутона $Sc \ge 8$) или с помощью мер, повышающих демпфирование. При использовании аэродинамических мер нужно учитывать, что аэродинамический коэффициент усилия может расти до значения $c_a = 1,4$. Аэродинамические и повышающие демпфирование меры требуют специальных исследований.
- (2) По дополнительной информации дается ссылка на специальные правила, распространяемые на типы конструкции.

Е.2 Галопирование

Е.2.1 Общие положения

- (1) Галопирование это самовозбуждающиеся колебания гибких конструкций или конструктивных в форме изгибных колебаний по нормали к направлению ветра. Некруглые поперечные сечения, включая сечения I-, U-, L- и Т-образной формы, склонны к возникновению галопирования. Обледенение также может вызывать неустойчивость поперечного сечения.
- (2) Колебания при галопировании начинаются с определенной начальной скорости v_{CG} . Амплитуды в этом случае быстро растут с увеличением скорости ветра.

Е.2.2 Начальная скорость

(1) Начальную скорость при галопировании v_{CG} определяют по формуле

$$v_{\rm CG} = \frac{2Sc}{a_{\rm c}} \cdot n_{\rm 1,y} b \,, \tag{E.18}$$

где Sc — число Скрутона по формуле (E.4);

- $n_{1,y}$ основная собственная частота изгибных колебаний по нормали к направлению действия ветра. Приближенные формулы для определения основной собственной частоты указаны в приложении F (F.2);
- b ширина поперечного сечения по таблице E.7;
- a_G коэффициент нестабильности при галопировании (таблица Е.7). Если не известно ни одного значения, то расчеты можно проводить с применением a_G = 10.
- (1) Следует обеспечить:

$$v_{CG} > 1,25v_m,$$
 (E.19)

- где v_m средняя скорость ветра, м/с, определенная по формуле (4.3), на высоте, при которой ожидается течение галопирования; как правило, это точки, в которых появляются наибольшие амплитуды колебаний.
- (1) При критической скорости ветра v_{crit} , вызываемой вихревым возбуждением, почти равной начальной скорости v_{CG} галопирования,

$$0.7 < \frac{v_{CG}}{v_{crit}} < 1.5$$
, (E.20)

вероятно влияние взаимодействия между вихревым возбуждением и галопированием. В этом случае рекомендуются специальные исследования.

Таблица Е.7 — Коэффициент нестабильности при галопировании a_G

Поперечное сечение	Коэффициент нестабильности а _G	Поперечное сечение	Коэффициент нестабильности a _G
t t = 0,06 b → ←			1,0
Eis (Eis an Kabel)	1,0	** \(\ell_{13} \) ** \(\ell_{13} \) ** \(\ell_{13} \)	4,0

4707	тронное издание. Приобретено УП "МИНСКИНЖПРОЕКТ". Период доступа: 04.01.2024 - 29.12.2024. Пользователь:	зоспроизведении на бумажном носителе является копией официального электронного издания
Lekci Olkphi: 01.10.2024	Э.Т.ф ициальное электронное издание	При копировании или воспроизведении н

Поперечное сечение		Коэффициент нестабильности a _G	Поперечное сечение		Коэффициент нестабильности a _G
† b	d/b = 2	2,0	***	d/b = 2	0,7
— d — → Допустима линейная	<i>d/b</i> = 1,5	1,7	* d * b	d/b = 2,7	5,0
интерполяция	<i>d/b</i> = 1	1,2	* d *	<i>d/b</i> = 5	7,0
ф ф ф Допустима линейная интерполяция	d/b = 2/3	1,0	<u></u>	<i>d/b</i> = 3	7,5
	d/b = 1/2	0,7	*d*	d/b = 3/4	3,2
	d/b = 1/3	0,4	*d*	d/b = 2	1,0
<i>Примечание</i> — Экстраполяция коэффициента a_{G} в виде функции d/b не допустима.					
Eis an Kabel			Обледенение троса		

Е.2.3 Классическое галопирование цилиндров со связями

- (1) В цилиндрах со связями (см. рисунок Е.4) может возникнуть классическое галопирование.
- (2) Начальная скорость v_{CG} классического галопирования цилиндров со связями может определяться по формуле

$$v_{CG} = \frac{2 \cdot Sc}{a_G} \cdot n_{1,y}b, \qquad (E.21)$$

при этом применяют установленные в таблице Е.8 значения для Sc, a_G и b, параметр $n_{1,y}$ является основной собственной частотой изгибного колебания (см. приложение F (F.2)).

(3) Следует обеспечить:

$$v_{CG} > 1,25v_m(z),$$
 (E.22)

где $v_m(z)$ — средняя скорость ветра, м/с, определенная по формуле (4.3), на высоте, при которой ожидается течение галопирования; как правило, это точки, в которых появляются наибольшие амплитуды колебаний.

Таблица Е.8 — Значения для оценки реакции системы по нормали к направлению ветра для цилиндров со связями рядового или группового расположения

Расположение цилиндров	Число Скрутона $Sc=rac{2\delta_s\cdot\sum m_{i,y}}{ ho b^2}$ (сравнить с формулой (E.4))			
	a/b = 1	a/b ≥ 2	<i>a</i> / <i>b</i> ≤ 1,5	a/b ≥ 2,5
# # # # # # # # # # # # # # # # # # #	K _{iv} = 1,5	K _{iv} = 1,5	a _G = 1,5	a _G = 3,0
a X i=3	$K_{iv} = 4.8$	$K_{iv} = 3.0$	a _G = 6,0	a _G = 3,0
## i=4	K _{iv} = 4,8	K _{iv} = 3,0	a _G = 1,0	a _G = 2,0
	Допустима линейная интерполяция			
	Обратные величи или группового ра	15 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	i=3 i=2 2 3 <u>а</u> <u>b</u> для цилиндров со с	связями рядового

Е.3 Интерференционное галопирование двух или более отдельно стоящих цилиндров

- (1) Интерференционное галопирование это самовозбуждающееся колебание, которое может возникнуть, если два или более цилиндра расположены на незначительном расстоянии друг от друга без связи друг с другом.
- (2) Если угол набегающего потока находится в диапазоне критического направления потока β_k , а также при a/b < 3 (рисунок E.5) начальная скорость $v_{C/G}$ может определяться по формуле

$$v_{C/G} = 3.5 n_{1,y} b \cdot \sqrt{\frac{\frac{a}{b} \cdot Sc}{a_{IG}}}, \qquad (E.23)$$

где *Sc* — число Скрутона, как определено в E.1.3.3(1);

 a_{IG} — комбинированный коэффициент стабильности; a_{IG} = 3,0;

- *n*_{1,*y*} основная собственная частота изгибных колебаний по нормали к направлению действия ветра. Приближенные значения указаны в приложении F (F.2);
- *a* расстояние;
- b диаметр.

Примечание — Раздел «Национальные требования и национально установленные параметры» может содержать дополнительные данные для значения *a*_{IG}.

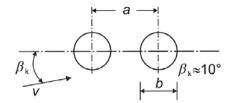


Рисунок Е.5 — Геометрические размеры для интерференционного галопирования

(3) Интерференционное галопирование может предотвращаться установкой связей между отдельно стоящими цилиндрами. Но в этом случае может появляться классическое галопирование (см. Е.2.3).

Е.4 Дивергенция и флаттер

Е.4.1 Общие положения

- (1) Дивергенция и флаттер это виды динамической неустойчивости, которые могут возникать только в подверженных деформациям пластинчатых конструкциях, например рекламные щиты, или пролетных конструкциях вантовых мостов, при превышении определенного порогового значения или критической скорости ветра. Эти виды динамической неустойчивости возникают, если деформации конструкции вызывают переменные аэродинамические нагрузки.
 - (2) Дивергенция и флаттер должны принципиально исключаться.
- (3) Приведенные далее методы расчета позволяют проверить восприимчивость конструкции к данным неустойчивостям с помощью простых конструктивных критериев. Если эти условия не выполнены, проводят специальные исследования.

Е.4.2 Критерии для пластинчатых конструкций

(1) Чтобы быть восприимчивым к дивергенции или флаттеру, конструкция должна одновременно выполнять три следующих условия. Условия проверяют в указанной последовательности. Если одно из условий не выполнено, то сооружение или элемент конструкции не подвергается угрозе дивергенции или флаттера.

Конструкция или ее существенная часть должна иметь протяженное в длину сечение (подобное плоской пластине) с отношением размеров *b/d* менее 0,25 (рисунок E.6).

Ось кручения должна быть параллельна плоскости пластины, перпендикулярна направлению ветра и должна быть расположена на расстоянии не менее d/4 от наветренной стороны пластины в направлении ветра, где d — ширина пластины, измеренная перпендикулярно оси кручения. Это относится к общим случаям, когда центр кручения расположен в центре тяжести конструкции, как, например, у рекламного щита, имеющего опору в центре, или у отдельно стоящего навеса с точкой опоры посередине, а также когда ось кручения расположена на подветренной стороне — у консольного отдельно стоящего навеса.

Минимальная частота собственных колебаний должна относиться к крутящим колебаниям или частота собственных колебаний кручения должна быть меньше двойного значения минимальной частоты собственных поступательных колебаний.

Е.4.3 Скорость дивергенции

(1) Критическую скорость ветра для дивергенции определяют по формуле

$$V_{div} = \left[\frac{2k_{\theta}}{\rho d^2 \cdot \frac{dc_{M}}{d\theta}} \right], \tag{E.24}$$

где k_{θ} — крутильная жесткость;

 c_{M} — аэродинамический коэффициент момента, определяемый по формуле

$$c_{M} = \frac{M}{\frac{1}{2} \cdot \rho v^{2} d^{2}}; \tag{E.25}$$

 $dc_M / d\theta$ — производная аэродинамического коэффициента момента после оборота вокруг оси кручения. При этом θ выражается в радианах;

здесь М — аэродинамический момент на единицу длины конструкции;

ho — плотность воздуха, как указано в 4.5;

d — высота сооружения в направлении действия ветра (хорда) (рисунок Е.6);

b — ширина, как определено на рисунке E.6.

- (2) Значения $dc_M/d\theta$ для прямоугольных сечений относительно центра тяжести плоскости сечения указаны на рисунке Е.6.
 - (3) Следует обеспечить:

$$v_{div} > 2v_m(z_e), \tag{E.26}$$

где $v_m(z_e)$ — средняя скорость ветра по формуле (4.3) на высоте z_e (как определено на рисунке 6.1).

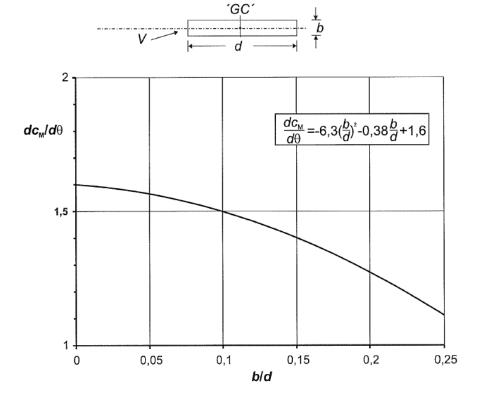


Рисунок Е.6 — Скорость изменения коэффициента аэродинамического момента $dc_M/d\theta$ относительно центра тяжести прямоугольного сечения «GC»

Приложение F

Динамические свойства сооружений

F.1 Общие положения

- (1) Методы расчета, указанные в настоящем разделе, применяют при условии, что конструкции работают в упругой стадии с учетом классических форм собственных колебаний. В этом случае динамические свойства сооружения выражаются:
 - собственными частотами;
 - модальными формами;
 - эквивалентными массами;
 - логарифмическими декрементами затухания.
- (2) Собственные частоты, модальные формы, эквивалентные массы и логарифмические декременты затухания определяют теоретическим или экспериментальным путем с помощью структурнодинамических методов.
- (3) Основополагающая динамическая характеристика может быть определена с применением упрощенных аналитических, полуэмпирических или эмпирических приближенных формул при условии достаточной апробированности. Некоторые из этих формул указаны в F.2–F.5.

F.2 Основная собственная частота

(1) Для консольных конструкций с центром масс (одной массой) на конце стержня для расчета основной собственной частоты изгиба *n*₁ конструкции может применяться упрощенная формула

$$n_1 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{x_1}} \,, \tag{F.1}$$

где g — ускорение свободного падения, равно 9,81 м/с²;

 x_1 — максимальное перемещение под действием собственного веса в направлении колебаний, м.

(2) Основная собственная изгибная частота n_1 , Гц, для многоэтажных зданий высотой более 50 м может определяться по формуле

$$n_1 = \frac{46}{h},\tag{F.2}$$

где h — высота здания, м.

Эту формулу можно применять как вспомогательную для одноэтажных зданий и мачт.

(3) Основная собственная изгибная частота n_1 , Γ ц, дымовых труб может оцениваться по формуле

$$n_1 = \frac{\varepsilon_1 \cdot b}{h_{off}^2} \cdot \sqrt{\frac{W_s}{W_s}}, \tag{F.3}$$

с применением

$$h_{\text{eff}} = h_1 + \frac{h}{3}, \tag{F.4}$$

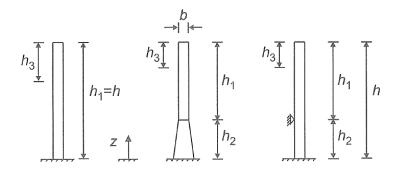
где *b* — верхний диаметр дымовой трубы, м;

 h_{eff} — эффективная высота дымовой трубы, м, h_1 и h_2 указаны на рисунке F.1;

 $W_{\rm s}~$ — вес элементов конструкции дымовой трубы, способствующих жесткости;

 W_t — общий вес дымовой трубы;

ε₁ — 1000 — для стальных дымовых труб и 700 — для дымовых труб из железобетона или кирпичной кладки.



Примечание — $h_3 = h_1/3$; h_3 — см. F.4(2).

Рисунок F.1 — Размеры для дымовых труб

(4) Основная частота $n_{1,0}$ эллиптических колебаний длинной цилиндрической оболочки без колец жесткости может рассчитываться по формуле

$$n_{1,0} = 0.492 \cdot \sqrt{\frac{t^3 E}{\mu_s \cdot (1 - v^2) \cdot b^4}},$$
 (F.5)

где E — модуль упругости, H/M^2 ;

t — толщина оболочки, м;

v — коэффициент Пуассона;

 μ_s — масса оболочки на единицу площади, кг/м²;

b — диаметр оболочки, м.

По формуле (F.5) получают минимальную собственную частоту оболочки. Кольца жесткости повышают собственную частоту n_0 .

(5) Минимальная вертикальная собственная изгибная частота $n_{1,B}$ мостов пластинчатого или коробчатого сечения может приближенно определяться по формуле

$$n_{1,B} = \frac{K^2}{2\pi L^2} \cdot \sqrt{\frac{EI_b}{m}}, \qquad (F.6)$$

где L — длина основного пролета, м;

E - Moдуль упругости, H/м²;

 I_b — момент инерции площади поперечного сечения в центре пролета для вертикального изгиба, м⁴;

m — масса на единицу длины общего поперечного сечения в центре пролета (для нагрузки от собственного веса и других стационарных грузов), кг/м;

 К — безразмерный коэффициент, который зависит от распределения пролета, как определено ниже:

а) для однопролетных мостов:

 $K = \pi$, если опоры шарнирные;

K = 3,9, если с заделанными концами с одной стороны и с опорой на шарнирах с другой;

К = 4,7, если с заделанными концами с двух сторон;

b) для двухпролетных неразрезных мостов:

К получают из рисунка F.2, с использованием кривой для мостов с двумя пролетами,

где L_1 — длина крайнего пролета и $L \ge L_1$;

с) для трехпролетных неразрезных мостов:

К получают из рисунка F.2, с использованием соответствующей кривой для мостов с тремя пролетами,

где L_1 — длина наибольшего крайнего пролета;

 L_1 — длина другого крайнего пролета и $L \ge L_1 \ge L_2$.

Данное условие распространяется также на мосты с тремя пролетами, у которых основной пролет подвешен.

Если $L_1 > L$, то K может определяться по кривой для мостов с двумя пролетами, без учета самого короткого крайнего пролета и применяя самый длинный крайний пролет в качестве основного пролета, эквивалентного двухпролетному мосту;

- d) для симметричных четырехпролетных неразрезных мостов (например, мостов, симметричных относительно средней опоры) значение *К* можно определять по кривой для мостов с двумя пролетами по рисунку F.2, рассматривая каждую половину моста как эквивалентный мост с двумя пролетами;
- е) для несимметричных четырехпролетных неразрезных мостов и неразрезных мостов с количеством пролетов свыше четырех *К* можно получить из рисунка F.2 с использованием кривой для мостов с тремя пролетами и считая основной пролет наибольшим пролетом.

Примечание 1 — Если значение $\sqrt{\frac{El_b}{m}}$ на опоре более чем в 2 раза превышает значение в центре пролета

или составляет менее 80 % значения в центре пролета, то формулу (F.6) не применяют, за исключением случаев, когда приемлемы очень грубые оценки.

Примечание 2 — Для определения $n_{1,B}$ в циклах в секунду следует выбирать согласующиеся исходные величины.

- (6) Собственная частота кручения балочных мостов идентична основной собственной изгибной частоте, рассчитываемой по формуле (F.6), если средняя инерция продольного изгиба на единицу ширины не менее 100-кратной средней инерции поперечного изгиба на единицу длины.
- (7) Собственная частота кручения мостов коробчатого сечения может приближенно определяться по формуле

$$n_{1,T} = n_{1,B} \cdot \sqrt{P_1 \cdot (P_2 + P_3)}$$
, (F.7)

с применением:

$$P_1 = \frac{mb^2}{I_p} \,, \tag{F.8}$$

$$P_2 = \frac{\sum r_j^2 I_j}{b^2 I_p} \,, \tag{F.9}$$

$$P_3 = \frac{L^2 \cdot \sum r_j^2 J_j}{2K^2 b^2 I_p \cdot (1+v)},$$
 (F.10)

где $n_{1,B}$ — основная частота изгиба, Гц;

b — общая ширина моста;

т — масса на единицу длины, определяемая в F.2(5);

и — коэффициент Пуассона материала опоры;

 r_j — расстояние от центра тяжести коробчатого сечения до центра тяжести поперечного сечения моста;

 I_j — статический момент инерции единичного коробчатого сечения в центре пролета для вертикального изгиба, отнесенный к единице длины, включая эффективную ширина работающей совместно пролетной части:

 I_p — статический момент инерции поперечного сечения в центре пролета, отнесенный к единице длины; рассчитывают по формуле

$$I_{p} = \frac{m_{o}b^{2}}{12} + \sum (I_{pj} + m_{j}r_{j}^{2}), \qquad (F.11)$$

здесь m_d — масса на единицу длины пролетной конструкции в центре пролета;

 I_{pj} — статический момент инерции единичного коробчатого сечения в центре пролета;

 m_j — масса единичного коробчатого сечения на единицу длины в центре пролета, без учета работающей совместно пролетной части;

 J_{j} — постоянная кручения единичного коробчатого сечения в центре пролета; определяют по формуле

$$J_{j} = \frac{4 \cdot A_{j}^{2}}{\iint \frac{ds}{t}}, \tag{F.12}$$

 A_{j} — включенная площадь полости коробчатого сечения в центре пролета;

 $\oint \frac{ds}{t}$ — интеграл отношения ширины стенки коробчатого сечения к толщине стенки коробчатого сечения по его периметру в центре пролета.

Примечание — Потеря точности очень незначительна, если формулу (F.12) применяют для многоячеистых мостов коробчатого сечения, для которых отношение длины пролета к его ширине не превышает 6.

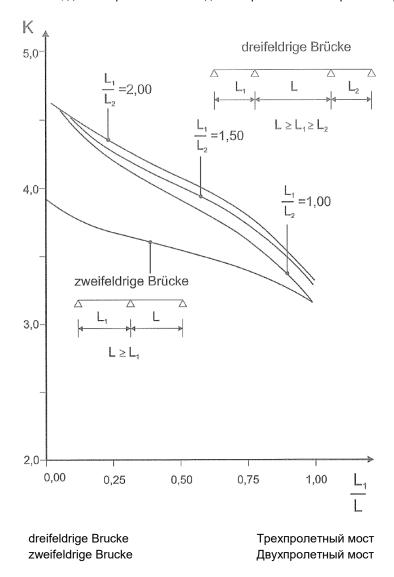


Рисунок F.2 — Коэффициент K для определения основной собственной изгибной частоты

F.3 Основная форма колебания

(1) Основная изгибная форма $\Phi_1(z)$ для консольных конструкций, таких как здания, мачты и дымовые трубы, может быть определена по формуле (F.13), см. рисунок F.3.

$$\Phi_1(z) = \left(\frac{z}{h}\right)^{\xi},\tag{F.13}$$

где $\zeta = 0.6$ — для гибких рамных каркасов без диафрагм жесткости;

- ζ = 1,0 для зданий с центральным ядром и периметрическими колоннами или развитыми колоннами и элементами жесткости;
- ζ = 1,5 для гибких консольных зданий и зданий, поддерживаемых центральными железобетонными ядрами;
- ζ = 2,0 для мачт и дымовых труб;
- ζ = 2,5 для металлических мачт решетчатой конструкции.

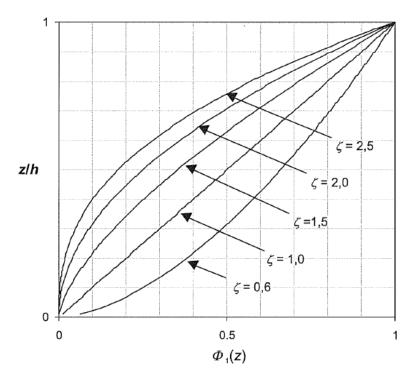


Рисунок F.3 — Основная форма изгибных колебаний для зданий, мачт и дымовых труб, работающих как консольные конструкции

(2) Основная форма изгибных колебаний $\Phi_1(s)$ мостов может приближенно определяться по таблице F.1.

Таблица F.1 — Основные формы изгибных колебаний для шарнирно опертых или защемленных с обеих сторон конструкций или конструктивных элементов

Система	Форма колебаний	Φ ₁ (s)
$\stackrel{\Delta}{\longleftarrow} \ell \stackrel{S}{\longrightarrow}$	$\Phi_1(s) = \frac{1}{4}$	$\sin\left(\pi \cdot \frac{\mathbf{s}}{l}\right)$
\$ S → L → N	$\Phi_1(s)$ $\frac{1}{\uparrow}$ 1	$\frac{1}{2} \left[1 - \left(2\pi \cdot \frac{s}{l} \right) \right]$

F.4 Эквивалентная масса

(1) Эквивалентная масса на единицу длины m_e для основной формы колебаний указана в формуле (F.14).

где m — масса на единицу длины;

высота или длина пролета конструкции или конструктивного элемента;

i = 1 — номер модальной формы.

- (2) Для консольных конструкций с неравномерным распределением массы эквивалентная масса $m_{\rm e}$ может быть приближенно определена через среднее значение m, распределенное в верхней трети h_3 сооружения (см. рисунок F.1).
- (3) Для элементов конструкции с длиной пролета l с шарнирным опиранием по обоим концам и с неравномерным распределением массы на единицу длины эквивалентная масса m_e может быть определена с применением среднего значения распределенной массы, рассчитанного на длине l/3 для максимального значения $\Phi(s)$ (см. таблицу F.1).

F.5 Логарифмический декремент демпфирования

(1) Логарифмический декремент затухания δ для основной формы изгибных колебаний может определяться по формуле

$$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d, \tag{F.15}$$

где δ_s — логарифмический декремент конструкционного затухания;

 δ_{a} — логарифмический декремент аэродинамического затухания;

 δ_d — логарифмический декремент затухания вследствие специальных мероприятий (амортизатор колебаний, жидкостной амортизатор).

- (2) Приближенные значения логарифмического декремента конструкционного затухания δ_s указаны в таблице F.2.
- (3) Логарифмический декремент аэродинамического затухания δ_a для колебаний в направлении действия ветра может оцениваться по формуле

$$\delta_a = \frac{c_t \rho v_m(z_s)}{2n_t \mu_a}, \tag{F.16}$$

где c_f — коэффициент усилия в направлении действия ветра, как указано в разделе 7;

 μ_{e} — эквивалентная масса на единицу поверхности конструкции, которая для прямоугольной поверхности может рассчитываться по формуле

$$\mu_{e} = \frac{\int_{0}^{a} \int_{0}^{b} \mu(e, z) \cdot \Phi_{1}^{2}(y, z) dy dz}{\int_{0}^{a} \int_{0}^{b} \Phi_{1}^{2}(y, z) dy dz},$$
(F.17)

здесь $\mu(e,z)$ — масса на единицу площади конструкции;

 $\Phi(y,z)$ — модальная форма.

Масса на единицу площади конструкции в точке максимальной амплитуды модальной формы является для обычных случаев хорошим приближением для μ_e .

(4) В большинстве случаев модальные отклонения $\Phi(y,z)$ постоянны для каждой точки по высоте и вместо формулы (F.16) для логарифмического декремента аэродинамического затухания δ_a может использоваться формула

$$\delta_a = \frac{c_f \rho b v_m(z_s)}{2n_1 m_e}. \tag{F.18}$$

(5) Если на сооружении принимаются специальные мероприятия по демпфированию колебаний, то δ_d определяют на основании соответствующего теоретического или экспериментального метода.

Таблица F.2 — Приближенные значения логарифмического конструкционного декремента затухания δ_s для основной формы колебаний конструкций

	Значения δ_s					
Здания с железобетонным ка		0,10				
Здания со стальным каркасом	0,05					
Здания со смешанным каркас	0,08					
Мачты и дымовые трубы из ж	елезобетона		0,03			
Сварные стальные дымовые	трубы без наружной теп.	поизоляции	0,012			
Сварные стальные дымовые	трубы с наружной тепло	изоляцией	0,020			
Стальные дымовые трубы	h/b < 18	0,020				
и наружной теплоизоляцией ^{а)}	20 ≤ <i>h</i> / <i>b</i> ≤ 24	0,040				
	0,014					
Стальные дымовые трубы с		<i>h/b</i> < 18	0,020			
ными трубами и наружной тег	поизоляцией ^{а)}	20 ≤ <i>h</i> / <i>b</i> ≤ 24	0,040			
		<i>h</i> / <i>b</i> ≥ 26	0,025			
Стальные дымовые трубы с в	0,070					
Стальные дымовые трубы с в	0,030					
Связанные стальные дымовы	0,015					
Расчаленные стальные дымо	0,04					
Стальные мосты и мачты	Сварные	0,02				
решетчатой конструкции	Высокопрочные болты	0,03				
	Обыкновенные болты	0,05				
Сталежелезобетонные мосты			0,04			
Железобетонные мосты	Предварительно напря	0,04				
	С трещинами					
Деревянные мосты	0,06 - 0,12					
Мосты из алюминиевых сплав	0,02					
Мосты, усиленные стекло- ил	0,04 - 0,08					
Тросы	Параллельные связки і	проволоки	0,006			
	Проволока, расположе	нная в виде спирали	0,020			
Примечание — Значения дл заниями; если аэродинамич определяют с применением с	еские воздействия важны	для расчета, то более				

 $^{^{\}mathrm{a})}$ Для промежуточных значений h/b допускается линейная интерполяция.

Библиография

[1] ISO 2394	General principles on reliability for structures (Общие принципы проверки надежности строительных конструкций)
[2] ISO 3898	Bases for design of structures — Names and symbols of physical quantities and generic quantities (Основы расчета строительных конструкций. Обозначения физических величин и общие условные обозначения)
[3] ISO 8930	General principles on reliability for structures — List of equivalent terms (Общие принципы проверки надежности строительных конструкций. Перечень эквивалентных терминов)
[4] EN 12811-1	Temporary works equipment — Part 1: Scaffolds — Performance requirements and general design
	(Временные конструкции для строительных сооружений. Часть 1. Леса строительные. Требования)
[5] ISO 12494	Atmospheric icing of structures (Обледенение строительных конструкций в результате атмосферных воздействий)

Текст открыт: 01.10.2024 3@.\$\$фициальное электронное издание. Приобретено УП "МИНСКИНЖПРОЕКТ". Период доступа: 04.01.2024 - 29.12.2024. Пользователь: При копировании или воспроизведении на бумажном носителе является копией официального электронного издания

Приложение ДА

Сведения о соответствии технических нормативных правовых актов ссылочным региональным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного регионального стандарта	Обозначение и наименование соответсвующего технического нормативного правового акта
EN 1990	СН 2.01.01-2019 Основы проектирования строительных конструкций (EN 1990:2002)
EN 1991-1-3	СН 2.01.04-2019 Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Снеговые нагрузки (EN 1991-1-3:2003+AC:2009)
EN 1991-1-6	ТКП EN 1991-1-6-2009 Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-6. Особые воздействия. Воздействия при производстве строительных работ (EN 1991-1-6:2005+AC:2013)
EN 1991-2	ТКП EN 1991-2-2009 Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 2. Транспортые нагрузки на мосты (EN 1991-2:2003+AC:2010)
EN 1993-3-1	ТКП EN 1993-3-1-2009 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 3-1. Башни, мачты и дымовые трубы. Башни и мачты (EN 1993-3-1:2006)

Официальное электронное издание. Приобретено УП "МИНСКИНЖПРОЕКТ". Период доступа: 04.01.2024 - 29.12.2024. Пользователь: 3@332. Пру копировании или воспроизведении на бумажном нос**изциональные тараметры** об

Таблица НП.1 — Национальные требования и национальные параметры, которыми необходимо пользоваться при учете ветровых воздействий на здания и сооружения на территории Республики Беларусь

Элемент настоящих строительных норм	Параметры, устанавливаемые на национальном уровне							
1.5(2)	Дополнительные данные по аэродинамическим испытаниям в настоящем разделе не приводятся							
4.1(1)	Дополнительные данные для определения средней скорости ветра v_m и пикового значения скоростного напора q_p в настоящем разделе не приводятся							
4.2(1)Р, примечание 2	Основные значения базовой скорости ветра $v_{b,0}$ для территории Республики Беларусь приведены на рисунке НП.1 Рисунок НП.1 — Карта ветровых районов и соответствующие им основные значения базовой скорости ветра $v_{b,0}$ м/с							

Текст открыт: 01.10.2024 Официальное электронное издание. Приобретено УП "МИНСКИНЖПРОЕКТ". Период доступа: 04.01.2024 - 29.12.2024. Пользователь: 3@332. При копировании при востронуве дели и на бумажном носителе является копией официального электронного издания

Элемент настоящих строительных норм	Параметры, устанавливаемые на национальном уровне												
4.2(2)Р, примечание 1	Метод учета влияния высоты над уровнем моря на базовую скорость ветра v_b в настоящем разделе не приводится												
4.2(2)Р, примечание 2							оиведены						
	Сектор	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Направление, град	346– 15	16– 45	46– 75	76– 105	106– 135	136– 165	166– 195	196– 225	226– 255	256– 285	286– 315	316– 345
	C' _{dir}	0,80	0,71	0,78	0,78	0,79	0,84	0,76	0,77	0,95	1,00	0,94	0,96

Элемент настоящих строительных норм	Параметры, устанавливаемые на национальном уровне																						
4.2(2)P,	Значения с	сезонног	го коэ	ффиц	иента	C _{seasso}	_{оп} для	клима	атичес	ских ус	слови	й Ресі	публи	ки Бел	арусь	ь прив	ведень	ы в таб	блице	НП.1.	2.		
примечание 3	Табпин	Значения сезонного коэффициента $c_{seasson}$ для климатических условий Республики Беларусь приведены в таблице НП.1.2.																					
	Таоли	Таблица НП.1.2 — Значения сезонного коэффициента <i>c</i> _{seasson}																					
	Месяц года	1 мес.	2 N	лес.		3 мес.			4 N	иес.	'	Гериод		5 мес.			6 мес.						
	Январь	0,98																					
	Февраль	0,89	0,97	0.05	0,98		7	0.07						1									
	Март	0,93	0,96	0,95		0,96		0,97				0,97					0.96						
	Апрель	0,92	0,96	0,90			0,94		0,94	0,92			0,94				0,96	0,93					
	Май	0,78	0.81	0,90	0,88					0,92	0,87			0,92				0,93	0,91				
	Июнь	0,78	0,01	0,81		0,81		0,80			0,07				0,87				0,91	0,87			
	Июль	0,79	0,78	0,01		0,88	0,80	0,00	0,81			0,87				0,82				0,07	0,86		
	Август	0,74	0,70	0.78	0,81				· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	0,86				95							0,00		
	Сентябрь	0,79	0,88	0,70						0,00	0,94		0,95		97		0.96		0.99				
	Октябрь	0,91	0,00	1,00				7 0.97			0,94			0,97			0,50	0.99					
	Ноябрь	1,00	1,00	1,00	0,99				1,00						1,00			0,00					
	Декабрь	0,93	1,00	0.98		1,00				0.99						1,00			0,00	1,00			
	Январь	0,98	0,97	0,00			0,96				0,97	1,00								1,55	1,00		
	тпварь	+			1	1		0.07		1	0,97		0.98								1 .,0		
	Февраль	0,89	0,37	0.95	0,98			0.97					0,00				_						
	<u> </u>	0,89 0,93	0,96	0,95	0,98	0,96		0,97	0,94				0,00	0,97									

Элемент настоящих строительных норм	Параметры, устанавливаемые на национальном уровне
4.2(2)Р, примечание 5	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значения коэффициента формы <i>K</i> = 0,2 и экспоненты <i>n</i> = 0,5
4.3.1(1), примечание 1	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значение коэффициента орографии $c_o = 1,0$
4.3.1(1), примечание 2	Графики или таблицы для определения средней скорости ветра $v_{\scriptscriptstyle m}(z)$ в настоящем разделе не приводятся
4.3.2(1)	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать метод определения $c_r(z)$, изложенный в настоящем пункте, принимая логарифмический закон изменения профиля скорости по высоте
4.3.2(2)	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать угловой диапазон в форме углового сектора 30°, т. е. ±15° относительно рассматриваемого направления ветра. Для уточнения величин расстояний с наветренной стороны — см. приложение A (A.2)
4.3.3(1)	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать метод, указанный в приложении А (А.3). В случае невыполнения условий, приведенных на рисунках А.1–А.3 (приложение А), значение орографического коэффициента принимается 1,0
4.3.4(1)	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать метод учета влияния более высоких соседних зданий, указанный в приложении A (A.4) настоящих строительных норм
4.3.5(1)	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать метод учета влияния соседних зданий или преград, указанный в приложении A (A.5)
4.4(1), примечание 2	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значение коэффициента турбулентности $k_i = 1,0$
4.5(1), примечание 1	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать правила определения пикового значения скоростного напора $q_p(z)$, изложенные в настоящем пункте
4.5(1), примечание 2	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значение плотности воздуха ρ = 1,25 кг/м ³
5.3(5)	Отсутствие корреляции давления ветра с наветренной и подветренной сторон следует учитывать только для стен
6.1(1)	Разделение конструкционного коэффициента на масштабный $c_{ m s}$ и динамический $c_{ m d}$ коэффициенты не выполняется

Элемент настоящих строительных норм	Параметры, устанавливаемые на национальном уровне
6.3.1(1), примечание 3	В расчетах следует использовать метод определения значения конструкционного коэффициента $c_s c_d$, приведенный в при нии С
6.3.2(1)	В расчетах следует использовать метод определения перемещения и стандартного отклонения ускорения в направлении ствия ветра, приведенный в приложениях В и С настоящих строительных норм
7.1.2(2)	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует учитывать действующие асимметричные наг на восприимчивые к ним конструкции согласно методу, изложенному в настоящем пункте
7.1.3(1)	Методы по дополнительному учету изменения габаритных размеров конструктивных элементов и, как следствие, измен их базовой площади или контура, вызванные льдом или снегом, в настоящем разделе не приводятся
7.2.1(1), примечание 2	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значения коэффициента внег давления в соответствии с графиком, приведенным на рисунке 7.2
7.2.2(1)	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать правила распределения скорос напора на подветренные стороны стен параллельно направлению действия ветра, изложенные в настоящем пункте
7.2.2(2), примечание 1	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значения коэффициентов внег давления для вертикальных стен прямоугольных в плане зданий, приведенных в таблице 7.5
7.2.3(2)	Положения данного пункта применяются без изменений. Разделение плоских крыш на зоны следует принимать по рисунку
7.2.3(4)	Положения данного пункта применяются без изменений. Значения коэффициентов давления для каждой зоны следует п мать по таблице 7.2 настоящих строительных норм
7.2.4(1)	Положения данного пункта применяются без изменений. Крыши, включая выступающие элементы, следует разделять на по рисунку 7.7
7.2.4(3)	Положения данного пункта применяются без изменений. Значения коэффициентов давления для каждой зоны следует п мать по таблицам 7.3a и 7.3б
7.2.5(1)	Положения данного пункта применяются без изменений. Крыши, включая выступающие элементы, следует разделять на по рисунку 7.8
7.2.5(3)	Положения данного пункта применяются без изменений. Значения коэффициентов давления для каждой зоны следует п мать по таблицам 7.4a и 7.4б

Элемент настоящих строительных норм	Параметры, устанавливаемые на национальном уровне
7.2.6(1)	Положения данного пункта применяются без изменений. Крыши, включая выступающие элементы, следует разделять на зоны по рисунку 7.9
7.2.6(3)	Положения данного пункта применяются без изменений. Значения коэффициентов давления для каждой зоны следует принимать по таблице 7.5
7.2.7(4)	Положения данного пункта применяются без изменений
7.2.8(1)	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значения коэффициентов внешнего давления для сводчатых покрытий прямоугольных в плане зданий, приведенные на рисунках 7.11 и 7.12
7.2.9(2)	Дополнительные данные о зависимости коэффициента внутреннего давления от величины и расположения проемов в наружном ограждении здания и общей негерметичности в настоящем разделе не приводятся
7.2.10(3), примечание 1	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует определять ветровое воздействие на оболочку с максимальной жесткостью как разность внутреннего и внешнего давления
7.2.10(3), примечание 2	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует определять воздействие ветра на наружные стены и покрытия в случае непроницаемости промежуточных слоев ограждения и расстояния в свету между оболочками менее 100 мм согласно правилам, изложенным в настоящем пункте
7.3(6)	Положения данного пункта применяются без изменений. Местоположение точки приложения результирующего ветрового давления для отдельно стоящих односкатных навесов следует принимать по рисунку 7.16
7.4.1(1)	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значения коэффициентов внешнего давления для отдельно стоящих стен и парапетов, приведенных в таблице 7.9
7.4.3(2)	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать величину эксцентриситета приложения равнодействующей нагрузки $e = \pm 0.25b$
7.6(1) примечание 1	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значения понижающего коэффициента ψ_r для конструкций квадратного поперечного сечения со скругленными углами, приведенные на рисунке 7.24
7.7(1), примечание 1	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значение коэффициента трения $c_{f,0}$ = 2,0 для конструкций с открытым поперечным сечением любой гибкости

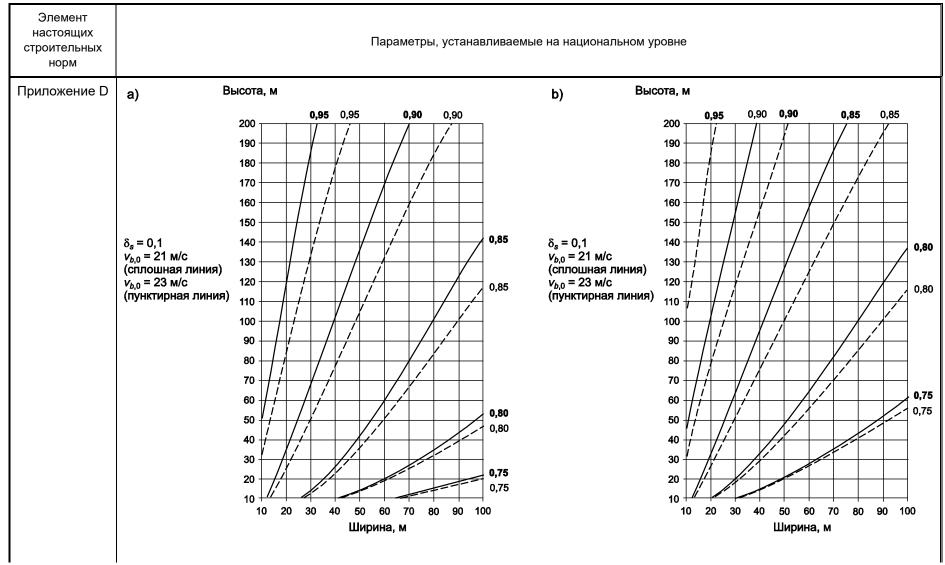
Текст открыт: 01.10.2024

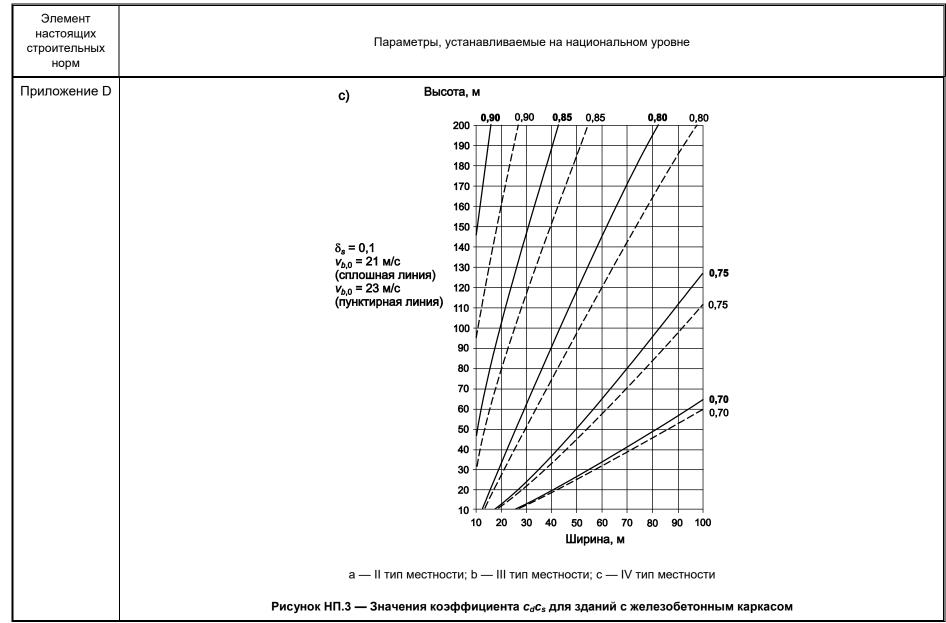
Официальное злектронное издание. Приобретено УП "МИНСКИНЖПРОЕКТ". Период доступа: 04.01.2024 - 29.12.2024. Пользователь: 3@332. Пру копировании издания на бумажном носителе является копией официального электронного издания

Элемент настоящих строительных норм	Параметры, устанавливаемые на национальном уровне
7.8(1)	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значение коэффициента трения для конструкций с поперечным сечением в виде правильного многоугольника, приведенного в таблице 7.11
7.9.2(2)	Положения данного пункта применяются без изменений. Значения эквивалентной шероховатости <i>k</i> следует принимать по таблице 7.13
Таблица 7.14	Положения данного пункта применяются без изменений
7.10(1), примечание 1	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значение коэффициента трения для сфер, приведенных на рисунке 7.30
7.11(1), примечание 2	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значения понижающих коэффициентов для лесов, приведенные в EN 12811
7.13(1)	Значения, учитывающие влияние турбулентности, в настоящем разделе не приводятся
7.13(2)	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значения предельной гибкости λ, приведенные в таблице 7.16
8.1(1), примечание 1	Ветровые воздействия для других типов мостов (арочных, вантовых, крытых, подвижных и мостов с несколькими арочными пролетными конструкциями) в настоящем разделе не приводятся
8.1(1), примечание 2	Угол уклона направления действия набегающего потока по отношению к пролетной конструкции и в горизонтальной плоскости в настоящем разделе не приводится
8.1(4)	Значение v′ _{b,0} в настоящем разделе не приводится
8.1(5)	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значение v'′ _{b,0} = 25 м/с
8.2(1), примечание 1	Методы расчета динамических реакций конструкции моста или критерии достаточности применения квазистатических подходов определения нагрузок в настоящем разделе не приводятся
8.3(1)	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать коэффициенты усилия для парапетов и ограждений мостов в соответствии с 7.4
8.3.1(2)	Методы определения F_{w} , противоречащие 8.3.3 настоящих строительных норм, в настоящем разделе не приводятся

Элемент настоящих строительных норм	Параметры, устанавливаемые на национальном уровне
8.3.2(1)	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значения С, приведенные в таблице 8.2
8.3.3(1), примечание 1	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значения $c_{f,z}$ = $\pm 0,9$ или принимать $c_{f,z}$ по рисунку 8.6
8.3.4(1)	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать величины в направлении <i>у</i> для мостов со сплошными стенами 25 %-ной силы ветра в направлении <i>х</i> , для мостов решетчатой конструкции — 50 %-ной силы ветра в направлении <i>х</i>
8.4.2(1)	Упрощенные методы расчета ветровых воздействий на опоры моста в настоящем разделе не приводятся Методы учета внецентренных нагрузок в настоящем разделе не приводятся
A.2(1)	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать два метода перехода между различными типами местности, приведенные в приложении А (А.2)
E.1.3.3(1)	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значение плотности воздуха ρ = 1,25 кг/м 3
Е.1.5.1 (1), примечание 1	В расчетах следует использовать метод расчета амплитуды поперечных колебаний, указанный в приложении Е (Е.1.5.2)
E.1.5.1(1), примечание 2	Для всей территории Республики Беларусь следует использовать метод расчета амплитуды поперечных колебаний, указанный в приложении E (E.1.5.2)
E.1.5.1(3)	Выделение регионов, в которых вероятны низкие температуры и стратифицированное течение, а также определение для них входных параметров в настоящем разделе не приводятся
E.1.5.2.6(1), примечание 1	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать минимальное количество циклов загружений <i>N</i> ≥ 10 ⁴
Е.1.5.3(2), примечание 1	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значение плотности воздуха ρ = 1,25 кг/м 3
E.1.5.3(4)	Дополнительные данные о влиянии турбулентности на значение постоянной $K_{a,\max}$ в настоящем разделе не приводятся
E.1.5.3(6)	Положения данного пункта применяются без изменений. В расчетах следует использовать значение пикового коэффициента k_p , определенное по формуле (Е.17) (приложение E) настоящих строительных норм
E.3(2)	Дополнительные данные о значении комбинированного коэффициента стабильности a_{IG} в настоящем разделе не приводятся

Элемент настоящих строительных норм	Параметры, устанавливаемые на национальном уровне			
Приложение D	Значение конструкционного коэффициента $c_{o}c_{s}$ следует принимать по графикам, приведенным на рисунках НП.2–НП.3 для криволинейной зависимости, соответствующей ближайшему большему значению коэффициента			
	а) Высота, м		b)	Высота, м
	δ_s = 0,05 $V_{b,0}$ = 21 м/с (сплошная линия) $V_{b,0}$ = 23 м/с (пунктирная линия)	1,10 1,10 1,05 1,05 1,00 1,00 0,95 190 180 170 160 150 140 130 120 110 100 90 80 70 60 40 30 0,85 70 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Ширина, м	$\delta_s = 0,05$ $v_{b,0} = 21$ м/с (сплошная ль $v_{b,0} = 23$ м/с (пунктирная л	90 1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/





Официальное издание МИНИСТЕРСТВО АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ

CH 2.01.05-2019 ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КОНСТРУКЦИИ. ОБЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Ветровые воздействия

Е. П. Желунович Ответственный за выпуск

Н. П. Бузуй, И. М. Дорошко Редакторы

Технический редактор А. В. Валынец Н. В. Леончик Корректор

Сдано в набор 12.12.2019. Подписано в печать 09.07.2020. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 13,83. Тираж Усл. печ. л. 14,42. Заказ

> Издатель и полиграфическое исполнение: республиканское унитарное предприятие «Стройтехнорм». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий . № 1/536 от 08.11.2018. Ул. Кропоткина, 89, 220002, г. Минск.