

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ  
ЕРЕЖЕЛЕР ЖИНАГЫ**

**СВОД ПРАВИЛ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**КР ЕЖ EN**  
**1990:2002+A1:2005/2011**  
2008 ж. желтосан және 2010 ж.  
сәуір айының өзгертулерімен.

**СП РК EN**  
**1990:2002+A1:2005/2011**  
Включая исправления на декабрь  
2008 г. и апрель 2010 г.

## **КҮШ ТҮСЕТІН КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫ ЖОБАЛАУ НЕГІЗДЕРІ**

## **ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Ресми басылым  
Издание официальное**

**Осы ережелер жинағы EN 1990:2002+A1:2005  
сәйкес келеді және СЕN рұқсатымен қолданылады,  
мекен-жайы: В-1000 Брюссель, Маркинс данғылы, 17**

**Настоящий свод правил идентичен EN 1990:2002+A1:2005  
и применяется с разрешения СЕN,  
по адресу: В-1000 Брюссель, проспект Маркинс, 17**

**Қазақстан Республикасы Өнеркәсіп және құрылыш министрлігінің Құрылыш  
және тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері комитеті**

**Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства  
Министерства промышленности и строительства Республики Казахстан**

**Астана 2025**

**1 ӘЗІРЛЕГЕН:**

«ҚазКСФЗИ» АҚ

**2 ҰСЫНҒАН:**

Қазақстан Республикасы Үлттық экономика министрлігі Құрылыс және тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері комитетінің Техникалық реттеу және нормалау басқармасы

**3 ҚАБЫЛДАНҒАН  
ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫСҚА  
ЕҢГІЗІЛГЕН МЕРЗІМІ:**

Қазақстан Республикасы Үлттық экономика министрлігі Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері жер ресурстарын басқару комитетінің 2014 жылғы 29 желтоқсандағы №156-НҚ бұйрығымен 2015 жылғы 1 шілдеден бастап

**4 ОРНЫНА:**

Алғаш рет

Осы мемлекеттік нормативті Қазақстан Республикасы сәулет, қала құрылышы және құрылыш істеріндең үәкілетті мемлекеттік органының рұқсатынсыз ресми басылым ретінде толық немесе ішінара қайта басуға, көбейтуге және таратуға болмайды.

Қазақстан Республикасы Өнеркәсіп және құрылыш министрлігі Құрылыс және тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері комитетінің 12.08.2025 жылғы №117-НҚ бұйрығына сәйкес өзгерістер енгізілді.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

**1 РАЗРАБОТАН:**

АО «КазНИИСА»

**2 ПРЕДСТАВЛЕН:**

Управлением технического регулирования и нормирования Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства национальной экономики Республики Казахстан

**3 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН  
В ДЕЙСТВИЕ:**

Приказом Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан от 29 декабря 2014 года №156-НҚ с 1 июля 2015 года

Введен впервые

**4 ВЗАМЕН:**

Настоящий государственный норматив не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Уполномоченного государственного органа по делам архитектуры, градостроительства и строительства Республики Казахстан.

Внесены изменения в соответствии с приказом Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства промышленности и строительства Республики Казахстан от 12.08.2025 года №117-НҚ.

## **НАЦИОНАЛЬНОЕ ПРЕДИСЛОВИЕ**

Настоящий Свод правил Республики Казахстан является идентичным внедрением Европейского стандарта EN 1990:2002+A1:2005 «Basis of structural design», разработанного техническим комитетом CEN/TC 250 «Строительные Еврокоды», секретариат которого находится при BSI.

Настоящий государственный нормативный документ является редакцией на русском языке официальной версии EN 1990:2002+A1:2005 (включающей все поправки и изменения на декабрь 2008 г. и апрель 2010 г.).

Настоящий государственный нормативный документ входит в систему Сводов Правил Республики Казахстан (СП РК ЕН), представляющей собой комплект документов в составе:

СП РК ЕН 1990 Основы строительного проектирования

СП РК ЕН 1991 Воздействия на несущие конструкции

СП РК ЕН 1992 Проектирование железобетонных конструкций

СП РК ЕН 1993 Проектирование стальных конструкций

СП РК ЕН 1994 Проектирование сталежелезобетонных конструкций

СП РК ЕН 1995 Проектирование деревянных конструкций

СП РК ЕН 1996 Проектирование каменных конструкций

СП РК ЕН 1997 Геотехническое проектирование

СП РК ЕН 1998 Проектирование сейсмостойких конструкций

СП РК ЕН 1999 Проектирование алюминиевых конструкций

Официальные версии Европейских стандартов, на основе которых подготовлен настоящий документ и, стандартов, на которые даны ссылки, хранятся в уполномоченном органе по архитектуре, градостроительству и строительству Республики Казахстан.

Неотъемлемой частью настоящего нормативного документа является его Национальное Приложение. Без Национального Приложения настоящий государственный нормативный документ не должен применяться для проектирования сооружений и может использоваться исключительно в ознакомительно-образовательных целях.

Национальное Приложение содержит информацию о тех параметрах, которые в EN 1990:2002+A1:2005 оставлены открытыми для национального выбора. Ссылки на параметры, оставленные открытыми для национального выбора, даны в тексте EN 1990:2002+A1:2005.

С введением в действие настоящего Свода Правил в течение переходного периода времени будут отменены все противоречащие ему государственные нормативные документы Республики Казахстан в области проектирования и строительства.



## Редакция на русском языке

## **Еврокод – Основы проектирования несущих конструкций**

**Eurocode – A basis of designing of bearing structures**

## Eurocodes structuraux - Eurocodes: Bases de calcul des structures

Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung

Настоящий Европейский стандарт утвержден CEN 29 ноября 2001 года.

Члены CEN обязаны соблюдать Внутренний Регламент CEN/CENELEC, в котором оговариваются условия для придания Европейскому Стандарту статуса безальтернативного Национального Стандарта. Соответствующие перечни и библиографические ссылки, относящиеся к Национальным стандартам, можно получить при обращении в Административный Центр или к любому члену CEN.

Настоящий Европейский стандарт существует в трех официальных редакциях (на английском, на французском, на немецком языках). Редакция на любом другом языке, которая создана путем перевода на язык своей страны под ответственность члена CEN и зарегистрирована в Административном центре, имеет тот же статус, что и официальные редакции.

Членами СЕН являются национальные организации по стандартизации Австрии, Бельгии, Чешской Республики, Дании, Финляндии, Франции, Германии, Греции, Исландии, Ирландии, Италии, Люксембурга, Мальты, Нидерландов, Норвегии, Португалии, Испании, Швеции, Швейцарии и Великобритании.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION  
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

**Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels**

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	IX
Предисловие к поправке A1 .....	IX
Предпосылки к созданию программы Еврокодов .....	IX
Статус и область применения Еврокодов.....	X
Национальные стандарты, обеспечивающие выполнение Еврокодов .....	XI
Связь между Еврокодами и гармонизированными техническими условиями (EN и ETA) на изделия .....	XII
Дополнительные сведения, специфичные для EN 1990.....	XII
Национальное Приложение для EN 1990 .....	XIII
<b>1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Область применения .....	1
1.2 Нормативные ссылки.....	1
1.3 Условия применения.....	2
1.4 Различие между Принципами и Правилами применения .....	2
1.5 Термины и определения .....	3
1.5.1 Общие термины в EN 1990 – EN 1999 .....	3
1.5.2 Специальные термины, связанные с расчетами.....	4
1.5.3 Термины, связанные с воздействиями .....	6
1.5.4 Термины, связанные со свойствами материалов и изделий .....	9
1.5.5 Термины, связанные с геометрическими данными .....	9
1.5.6 Термины, связанные с расчетом строительных конструкций .....	9
1.6 Символы.....	11
<b>2 ТРЕБОВАНИЯ.....</b>	<b>13</b>
2.1 Основные требования .....	13
2.2 Обеспечение надежности .....	15
2.3 Расчетный срок эксплуатации .....	16
2.4 Долговечность.....	16
2.5 Обеспечение качества.....	17
<b>3 ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ.....</b>	<b>17</b>
3.1 Общие положения.....	17
3.2 Расчетные ситуации.....	18
3.3 Критические предельные состояния .....	18
3.4 Предельные состояния по эксплуатационной пригодности .....	19
3.5 Расчет по предельным состояниям .....	20
<b>4 БАЗИСНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ.....</b>	<b>20</b>
4.1 Воздействия и влияние окружающей среды.....	20
4.1.1 Классификация воздействий.....	20
4.1.2 Характеристические значения воздействий.....	21
4.1.3 Другие репрезентативные значения переменных воздействий.....	23
4.1.4 Усталостные воздействия .....	23
4.1.5 Динамические воздействия.....	24
4.1.6 Геотехнические воздействия .....	24
4.1.7 Воздействия окружающей среды .....	24
4.2 Свойства материалов и изделий .....	24
4.3 Геометрические размеры.....	25

**СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011  
EN 1990:2002+A1:2005(E)**

<b>5 РАСЧЕТ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ НА ОСНОВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ .....</b>	<b>26</b>
5.1 Расчет строительных конструкций .....	26
5.1.1 Расчетные модели сооружений .....	26
5.1.2 Статические воздействия .....	26
5.1.3 Динамические воздействия .....	27
5.1.4 Противопожарное проектирование .....	27
5.2 Проектирование на основании результатов испытаний .....	28
<b>6 ПРОВЕРКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЧАСТНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ .....</b>	<b>28</b>
6.1 Общие положения .....	28
6.2 Ограничения .....	29
6.3 Расчетные значения .....	29
6.3.1 Расчетные значения воздействий .....	29
6.3.2 Расчетные значения эффектов воздействий .....	30
6.3.3 Расчетные значения свойств материалов и изделий .....	31
6.3.4 Расчетные значения геометрических размеров .....	31
6.3.5 Расчетная сопротивляемость .....	32
6.4 Критические предельные состояния .....	33
6.4.1 Общие положения .....	33
6.4.2 Проверки статического равновесия и сопротивляемости .....	34
6.4.3 Комбинации воздействий (исключая проверки на усталость) .....	34
6.4.3.1 Общие положения .....	34
6.4.3.2 Комбинации воздействий для постоянных или переходных расчетных ситуаций (основные комбинации) .....	35
6.4.3.3 Комбинации воздействий для аварийных расчетных ситуаций .....	36
6.4.3.4 Комбинации воздействий для сейсмических расчетных ситуаций .....	36
6.4.4 Частные коэффициенты для воздействий и комбинаций воздействий .....	36
6.4.5 Частные коэффициенты для материалов и изделий .....	36
6.5 Предельные состояния по эксплуатационной пригодности .....	36
6.5.1 Проверки .....	36
6.5.2 Критерии эксплуатационной пригодности .....	37
6.5.3 Комбинации воздействий .....	37
6.5.4 Частные коэффициенты для материалов .....	38
<b>Приложение A1 .....</b>	<b>39</b>
A1.1 Область применения .....	39
A1.2 Комбинации воздействий .....	39
A1.2.1 Общие положения .....	39
A1.2.2 Значения коэффициентов $\psi$ .....	39
A1.3 Критические предельные состояния .....	40
A1.3.1 Расчетные значения воздействий для постоянных и переходных расчетных ситуаций .....	40
A1.3.2 Расчетные значения воздействий для аварийных и сейсмических расчетных ситуаций .....	41
A1.4 Предельные состояния по эксплуатационной пригодности .....	44
A1.4.1 Частные коэффициенты для воздействий .....	44
A1.4.2 Критерии эксплуатационной пригодности .....	45
A1.4.3 Деформации и горизонтальные перемещения .....	45
A1.4.4 Вибрации .....	47

Приложение А2 .....	48
A2.1 Область применения .....	48
A2.2 Комбинации воздействий .....	49
A2.2.1 Общие положения .....	49
A2.2.2 Правила комбинирования для автодорожных мостов .....	51
A2.2.3 Комбинации для пешеходных мостов .....	52
A2.2.4 Комбинации для железнодорожных мостов .....	52
A2.2.5 Комбинации воздействий для аварийных (несейсмических) расчетных ситуаций .....	53
A2.2.6 Значения коэффициентов $\psi$ .....	54
A2.3 Критические предельные состояния .....	59
A2.3.1 Расчетные значения воздействий для постоянных и переходных расчетных ситуаций .....	59
A2.3.2 Расчетные значения воздействий для аварийных и сейсмических расчетных ситуаций .....	63
A2.4 Предельные состояния по эксплуатационной пригодности и другие специфичные предельные состояния .....	65
A2.4.1 Общие положения .....	65
A2.4.2 Критерии эксплуатационной пригодности в отношении деформаций и вибраций автодорожных мостов .....	65
A2.4.3 Проверки вибраций для пешеходных мостов при движении пешеходов .....	66
A2.4.4 Проверки деформаций и вибраций железнодорожных мостов .....	67
Приложение В .....	76
B1 Пределы и область применения .....	76
B2 Символы .....	77
B3 Уровни надежности .....	77
B3.1 Классы последствий .....	77
B3.3 Классификация посредством частных коэффициентов .....	78
B4 Контроль качества проектирования .....	79
B5 Инспекция (контроль качества) строительства .....	80
B6 Частные коэффициенты для свойств сопротивления .....	80
Приложение С .....	81
C1 Пределы и область .....	81
C2 Символы .....	81
C3 Введение .....	82
C4 Обзор методов надежности .....	82
C5 Индекс надежности $\beta$ .....	83
C6 Целевые значения индекса надежности $\beta$ .....	84
C7 Проверки расчетных значений .....	85
C8 Проверки надежности в Еврокодах .....	88
C9 Частные коэффициенты в EN 1990 .....	89
C10 Коэффициенты $\psi_0$ .....	89
Приложение D .....	91
D1 Область и пределы применения .....	91
D2 Символы .....	91
D3 Виды испытаний .....	92
D4 Программа испытаний .....	93
D5 Определение расчетных значений .....	95

# **СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011**

## **EN 1990:2002+A1:2005(E)**

D6 Общие принципы статистических оценок.....	96
D7 Статистическое определение отдельных параметров .....	97
D7.1 Общие положения.....	97
D7.2 Оценка через характеристическое значение.....	98
D7.3 Прямая оценка расчетного значения для проверок ULS.....	99
D8 Статистическое определение моделей сопротивления .....	99
D8.1 Общие положения.....	99
D8.2 Метод стандартной оценки (метод (а)) .....	100
D8.2.1 Общие положения.....	100
D8.2.2 Стандартная процедура .....	100
D8.3 Стандартная процедура оценки (метод (б)) .....	104
D8.4 Использование дополнительной предварительной информации .....	105
Библиография.....	107

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Настоящий документ (EN 1990:2002) разработан Техническим комитетом CEN/TC 250 «Строительные Еврокоды», секретариат которого находится в ведении BSI.

Настоящему Европейскому стандарту придается статус Национального стандарта либо путем опубликования идентичного текста, либо через подтверждение, не позднее октября 2002 года; противоречащие ему Национальные стандарты должны быть отменены не позднее марта 2010 года.

Настоящий документ разработан взамен ENV 1991-1:1994.

CEN/TC 250 является ответственным за все Строительные Еврокоды.

В соответствии с внутренними правилами CEN/CENELEC, соблюдение Европейского стандарта обязаны обеспечивать Национальные Органы по Стандартизации следующих стран: Австрия, Бельгия, Чешская Республика, Дания, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Исландия, Ирландия, Италия, Люксембург, Мальта, Нидерланды, Норвегия, Португалия, Испания, Швеция, Швейцария и Великобритания.

### **Предисловие к поправке A1**

Настоящий Европейский Стандарт (EN 1990:2002/A1:2005) разработан Техническим комитетом CEN/TC 250 «Строительные Еврокоды», секретариат которого находится в ведении BSI.

Настоящей поправке к EN 1990:2002 придается статус Национального стандарта, либо путем опубликования идентичного текста, либо через подтверждение, не позднее июня 2006 года, а также, противоречащие ему Национальные стандарты, должны быть отменены не позднее июня 2006 года.

В соответствии с внутренними правилами CEN/CENELEC, соблюдение Европейского стандарта обязаны обеспечивать Национальные Органы по Стандартизации следующих стран: Австрия, Бельгия, Кипр, Чешская Республика, Дания, Эстония, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Венгрия, Исландия, Ирландия, Италия, Латвия, Литва, Люксембург, Мальта, Нидерланды, Норвегия, Польша, Португалия, Словакия, Словения, Испания, Швеция, Швейцария и Великобритания.

### **Предпосылки к созданию программы Еврокодов**

В 1975 году Комиссия Европейского сообщества приняла решение о введении в действие программы в области строительства, основанной на статье 95 Договора. Целью этой программы было устранение технических барьеров в торговле и гармонизация технических требований.

В рамках данной программы, Комиссия выдвинула инициативу по созданию системы гармонизированных технических правил проектирования строительных конструкций, которые на первом этапе, будут служить альтернативой национальным правилам, действующим в государствах-членах и, в конечном итоге, заменят их.

## **СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 EN 1990:2002+A1:2005(E)**

В течение пятнадцати лет Комиссия при помощи Управляющего комитета из представителей стран-членов, руководила разработкой программы Еврокодов, что привело к первому созданию первых Еврокодов в 1980 году.

В 1989 году Комиссией и государствами-членами EU и EFTA, на основе соглашения<sup>1)</sup> между Комиссией и CEN и посредством ряда мандатов, было принято решение о передаче в CEN подготовку и опубликование Еврокодов с целью предоставления им в будущем статуса Европейского стандарта (EN). Это фактически связывает Еврокоды с положениями всех Директив Совета и/или Решениями Комиссии, посвященными Европейским стандартам (то есть, с Директивой Совета 89/106/EEC о строительных изделиях – CPD, с Директивами Совета 2004/17/EC и 2004/18/EC по общественным работам и услугам и с аналогичными Директивами EFTA, положившими начало установлению регулирования на внутреннем рынке).

Программа Строительных Еврокодов включает в себя следующие стандарты, как правило, состоящие из нескольких частей:

- EN 1990 Еврокод: Основы строительного проектирования
- EN 1991 Еврокод 1: Воздействия на несущие конструкции
- EN 1992 Еврокод 2: Проектирование железобетонных конструкций
- EN 1993 Еврокод 3: Проектирование стальных конструкций
- EN 1994 Еврокод 4: Проектирование сталежелезобетонных конструкций
- EN 1995 Еврокод 5: Проектирование деревянных конструкций
- EN 1996 Еврокод 6: Проектирование каменных конструкций
- EN 1997 Еврокод 7: Геотехническое проектирование
- EN 1998 Еврокод 8: Проектирование сейсмостойких конструкций
- EN 1999 Еврокод 9: Проектирование алюминиевых конструкций

Стандарты Еврокода признают ответственность регулирующих органов каждой из стран-членов и гарантируют их право определять значения, связанные с вопросами регулирования безопасности на национальном уровне, в тех случаях, когда они могут варьироваться для разных стран.

### **Статус и область применения Еврокодов**

Государства-члены EU и EFTA признают, что Еврокоды служат в качестве ссылочных документов в следующих целях:

- как средство для достижения соответствия конструкций зданий и инженерных сооружений основным требованиям Директивы Совета 89/106/EEC, в частности, Обязательному требованию №1 – Механическая прочность и устойчивость, и Обязательное требование №2 – Безопасность при пожаре;
- как основа для составления контрактов на строительные работы и связанные с ними инженерные услуги;

---

<sup>1)</sup> Соглашение между Комиссией Европейских сообществ и Европейского комитета по стандартизации (CEN), касающиеся разработки Еврокодов для проектирования зданий и гражданских инженерных сооружений (BC/CEN/03/89).

– как база для разработки гармонизированных технических условий на строительные изделия (EN и ETA).

Еврокоды, поскольку они касаются строительных конструкций, имеют прямое отношение к Интерпретирующими Документам<sup>2)</sup>, указанным в статье 12 CPD, хотя и отличаются от гармонизированных стандартов<sup>3)</sup> на изделия. Таким образом, соответствующим Техническим комитетам CEN и/или рабочим группам EOTA, разрабатывающим стандарты на изделия и ETAG, необходимо рассмотреть технические аспекты действия Еврокодов с целью достижения полной совместимости этих технических условий с Еврокодами.

Стандарты Еврокода предусматривают общие правила строительного проектирования для обычного применения (повседневного использования) при проектировании сооружений полностью или их частей, а также конструктивных строительных изделий, как традиционного, так и инновационного характера.

В тех случаях, когда необычные формы строений или условия проектирования специально не оговорены в Еврокодах, проектировщиком должно быть проведено дополнительное экспертное рассмотрение.

### **Национальные стандарты, обеспечивающие выполнение Еврокодов**

Национальные стандарты, обеспечивающие выполнение Еврокодов, будут содержать полный текст Еврокода (включая все приложения), опубликованный CEN, которому могут предшествовать Национальной титульный лист и Национальное предисловие, и за которым может следовать Национальное Приложение.

Национальное Приложение может содержать информацию только о тех параметрах, которые оставлены в Еврокоде открытыми для национального выбора, именуемые как национально определенные параметры, предназначенные для применения при проектировании зданий и гражданских инженерных сооружений в данной стране, то есть:

- значения и/или классы, принятые в Еврокоде альтернативными;
- значения, которые следует использовать в тех случаях, когда в Еврокоде приведены только символы;
- конкретные данные о стране (географические, климатические и т.д.), например, карту снежевых районов,
- процедуры, которые могут использоваться в тех случаях, когда в Еврокоде предусмотрена возможность применения альтернативных процедур.

---

<sup>2)</sup> В соответствии со статьей 3.3 CPD, интерпретирующие документы, для обеспечения необходимых связей между основными требованиями и мандатами по гармонизации EN и ETAG/ETA, должны конкретизировать основные требования (ER).

<sup>3)</sup> В соответствии со статьей 12 CPD, интерпретирующие документы должны:

- а) конкретизировать основные требования путем гармонизации терминологии и технических основ и, при необходимости, указания классов или уровней для каждого требования;
- б) указывать способы соотнесения этих классов или уровней с требованиями технических условий, то есть, методы расчета и проверки, технические правила для проектирования, и т.д.;
- с) являться основой при разработке гармонизированных стандартов и руководящих принципов для Европейского технического согласования.

Еврокоды, фактически, выполняют подобную роль в области ER 1 и части ER 2.

Оно может также содержать:

- решения по применению информационных приложений;
- ссылки на не противоречащую дополнительную информацию, помогающую пользователю применять Еврокод.

### **Связь между Еврокодами и гармонизированными техническими условиями (EN и ETA) на изделия**

Между гармонизированными техническими условиями на строительную продукцию и техническими правилами для строительных конструкций<sup>4)</sup> должна быть обеспечена согласованность. Более того, вся информация, сопровождающая маркировку СЕ строительных изделий, которые относятся к ведению Еврокодов, должна четко указать на то, какие именно Национально определенные параметры (NDP) были приняты во внимание.

### **Дополнительные сведения, специфичные для EN 1990**

В EN 1990 приведены принципы и требования к надежности, эксплуатационной пригодности и долговечности сооружений. Стандарт основан на концепции предельных состояний, используемой в сочетании с методом частных коэффициентов.

При проектировании новых сооружений EN 1990 следует применять совместно с Еврокодами EN 1991 – EN 1999.

EN 1990 содержит также указания по вопросам, связанным с безопасностью, эксплуатационной пригодностью и долговечностью сооружений в следующих ситуациях:

- для случаев проектирования, не предусмотренных EN 1991 – EN 1999 (необычные воздействия, новые конструктивные решения, другие материалы);
- при применении в качестве справочного документа, касающегося конструктивных вопросов, для других Технических Комитетов CEN.

EN 1990 предназначен для использования:

- комитетами, разрабатывающими стандарты для строительного проектирования и связанные с ними стандарты на строительные изделия, производство работ и контроль качества;
- заказчиками (например, для выработки конкретных требований по обеспечению надежности и долговечности);
- проектировщиками и строителями;
- соответствующими органами власти.

При проектирования конструкций, не относящихся к компетенции Еврокодов EN 1991 – EN 1999, EN 1990 допускается применять, в уместных случаях, как руководящий документ для:

- назначения иных явно не оговоренных воздействий и их комбинаций;
- моделирования поведения материала и сооружений;

---

<sup>4)</sup> См. ст. 3.3 и ст. 12 из CPD, а также 4.2, 4.3.1, 4.3.2 и 5.2 в ID 1.

– оценки численных значений в формате надежности.

Приведенные в стандарте численные значения частных коэффициентов и других параметров надежности рекомендуется использовать как базисные значения, которые обеспечивают приемлемый уровень надежности. Эти значения были выбраны из условий обеспечения соответствующих уровней квалификации исполнителей и управления качеством. В тех случаях, когда EN 1990 используется другими Техническими Комитетами CEN как основной документ, необходимо использовать те же значения, которые приведены в EN 1990.

### **Национальное Приложение для EN 1990**

В настоящем стандарте приводятся альтернативные методы, значения и рекомендации с примечаниями, в которых указано, в каких случаях допускается принимать национально определенные параметры. В связи с этим Национальный Стандарт, обеспечивающий выполнение EN 1990, должен включать Национальное Приложение, содержащее национально определенные параметры, необходимые для проектирования зданий и гражданских инженерных сооружений в конкретной стране.

Национальный выбор в Приложении A1 к EN 1990 допускается в пунктах:

- A1.1(1)
- A1.2.1(1)
- A1.2.2 (Таблица A1.1)
- A1.3.1(1) (Таблицы A1.2(A) – A1.2(C))
- A1.3.1(5)
- A1.3.2 (Таблица A1.3)
- A1.4.2(2)

Национальный выбор в Приложении A2 к EN 1990 допускается в следующих пунктах:

#### *Основные пункты*

<b>Пункт</b>	<b>Статья</b>
A2.1(1) Примечание 3	Применение Таблицы 2.1: Индикативный (прогнозируемый) расчетный срок эксплуатации.
A2.2.1(2) Примечание 1	Комбинации, включающие в себя воздействия, не установленные в EN 1991.
A2.2.6(1) Примечание 1	Значения коэффициентов $\psi$ .
A2.3.1(1)	Изменение расчетных значений воздействий для критических предельных состояний.
A2.3.1(5)	Выбор Подхода 1, 2 или 3.
A2.3.1(7)	Определение нагрузок, обусловленных давлением льда
A2.3.1(8)	Значения коэффициентов $\gamma_R$ для воздействий от предварительного напряжения, не указанные в соответствующих Еврокодах.
A2.3.1 Таблица A2.4(A) Примечание 1 и 2	Значения коэффициентов $\gamma$ .

**СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011  
EN 1990:2002+A1:2005(E)**

A2.3.1 Таблица A2.4(B)	– Примечание 1: выбор между 6.10 и 6.10a/b; – Примечание 2: значения коэффициентов $\gamma$ и $\zeta$ ; – Примечание 4: значения коэффициентов $\gamma_{Sd}$ .
A2.3.1 Таблица A2.4(C)	Значения коэффициентов $\gamma$ .
A2.3.2(1)	Расчетные значения в Таблице А2.5 для аварийных расчетных ситуаций, расчетные значения сопутствующих переменных воздействий и сейсмические расчетные ситуации.
A2.3.2 Таблица A2.5 Примечание	Расчетные значения воздействий.
A2.4.1(1) Примечание 1 (Таблица А2.6) Примечание 2	Альтернативные значения $\gamma$ для нагрузок от дорожного движения при проверке предельных состояний по эксплуатационной пригодности. Редкие комбинации воздействий.
A2.4.1(2)	Требования к эксплуатационной пригодности и критерии для вычисления деформаций.

*Пункты, специфичные для автодорожных мостов*

<b>Пункт</b>	<b>Статья</b>
A2.2.2(1)	Ссылка на редкие комбинации воздействий.
A2.2.2(3)	Правила комбинации для специальных транспортных средств.
A2.2.2(4)	Правила комбинации для снеговых нагрузок и нагрузок от дорожного движения.
A2.2.2(6)	Правила комбинации для ветровых и температурных воздействий.
A2.2.6(1) Примечание 2	Значения коэффициентов $\psi_{1,infq}$ .
A2.2.6(1) Примечание 3	Значения сил от гидростатического воздействия (от воды)

*Пункты, специфичные для пешеходных мостов*

<b>Пункт</b>	<b>Статья</b>
A2.2.3(2)	Правила комбинации для ветровых и температурных воздействий.
A2.2.3(3)	Правила комбинации воздействий для снеговых нагрузок и нагрузок от дорожного движения.
A2.2.3(4)	Правила комбинации воздействий для пешеходных мостов, защищенных от влияния плохой погоды.
A2.4.2.3.2(1)	Критерии комфорта для пешеходных мостов.

*Пункты, специфичные для железнодорожных мостов*

<b>Пункт</b>	<b>Статья</b>
A2.2.4(1)	Правила комбинации для снеговых нагрузок на железнодорожные мосты
A2.2.4(4)	Максимальная скорость ветра, сочетаемая с движением железнодорожного транспорта
A2.4.4.1(1) Примечание 3	Требования к деформациям и вибрациям для временных железнодорожных мостов

A2.4.4.2.1(4)Р	Пиковые значения ускорений колебаний пролетных строений железнодорожных мостов и связанные с ними частотные диапазоны
A2.4.4.2.2 – Таблица A2.7 Примечание	Предельные значения параметров скручивания пролетных строений для железнодорожных мостов
A2.4.4.2.2(3)Р	Предельные значения параметров общего скручивания пролетных строений для железнодорожных мостов
A2.4.4.2.3(1)	Вертикальные деформации железнодорожных мостов с балластом и без балласта (балластированных и безбаластных)
A2.4.4.2.3(2)	Ограничения поворотов концов пролетных строений для железнодорожных мостов без балласта (безбаластных)
A2.4.4.2.3(3)	Дополнительные ограничения углов поворотов на концах пролетных строений
A2.4.4.2.4(2) – Таблица A2.8 Примечание 3	Значения коэффициентов $\alpha_i$ и $r_i$
A2.4.4.2.4(3)	Минимальная частота поперечных (боковых) колебаний для железнодорожных мостов
A2.4.4.3.2(6)	Требования к комфорту пассажиров для временных мостов

ДЛЯ ЗАМЕТОК

---

## СВОД ПРАВИЛ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

### ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

### A BASIS OF DESIGNING OF BEARING STRUCTURES

Дата введения 2015-07-01

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 1.1 Область применения

(1) EN 1990 содержит Принципы и условия обеспечения безопасности, эксплуатационной пригодности и долговечности сооружений, описывает основы их проектирования и проверки, включает руководящие материалы, связанные с аспектами обеспечения конструктивной надежности.

(2) EN 1990, совместно со стандартами EN 1991 – EN 1999, распространяется на проектирование зданий и гражданский инженерных сооружений, в том числе временных, с учетом геотехнических аспектов, противопожарной защиты конструкций, сейсмических воздействий, а также ситуаций, связанных с процессом строительства.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Для проектирования особых строительных объектов (например, ядерных установок, дамб и т. д.) могут потребоваться другие положения, кроме содержащихся в EN 1990 - EN 1999.

(3) EN 1990 может применяться для проектирования сооружений из других строительных материалов и при других воздействиях, не нормированных в EN 1991 – EN 1999.

(4) EN 1990 может применяться для расчетной оценки существующего строения, для разработки проекта его ремонта и реконструкции или для внесения изменений в его функциональное назначение.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В случае необходимости, могут потребоваться дополнительные или измененные положения.

### 1.2 Нормативные ссылки

Настоящий европейский стандарт содержит датированные и недатированные ссылки на положения других документов. Эти нормативные ссылки приведены в соответствующих местах в тексте и внесены в список, приведенный в конце документа. Для датированных ссылок их последующие изменения или пересмотры применяются в настоящем стандарте только при его изменении или пересмотре. Для недатированных ссылок применяют их последние издания (включая изменения).

**ПРИМЕЧАНИЕ** Еврокоды опубликованы как Европейские предварительные стандарты. В настоящем стандарте даны ссылки на действующие стандарты и на разрабатываемые Европейские стандарты:

EN 1991 Еврокод 1: Воздействия на несущие конструкции

Издание официальное

# **СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 EN 1990:2002+A1:2005(E)**

- EN 1992 Еврокод 2: Проектирование железобетонных конструкций
- EN 1993 Еврокод 3: Проектирование стальных конструкций
- EN 1994 Еврокод 4: Проектирование сталежелезобетонных конструкций
- EN 1995 Еврокод 5: Проектирование деревянных конструкций
- EN 1996 Еврокод 6: Проектирование каменных конструкций
- EN 1997 Еврокод 7: Геотехническое проектирование
- EN 1998 Еврокод 8: Проектирование сейсмостойких конструкций
- EN 1999 Еврокод 9: Проектирование алюминиевых конструкций

## **1.3 Условия применения**

(1) Цели проектирования, основанные на Принципах и Правилах применения, достигаются при соблюдении условий, оговоренных в настоящем стандарте EN 1990 и стандартах EN 1991 – EN 1999 (см. Раздел 2).

(2) Общими условиями применения EN 1990 являются следующие:

- выбор конструктивной системы и расчет сооружения производятся опытными, квалифицированными специалистами;
- строительство осуществляется персоналом, имеющим соответствующие навыки и опыт;
- надзор и контроль качества осуществляется на всех этапах проектирования и строительных работ, включая изготовление конструкций в заводских условиях и на площадке;
- применяемые строительные материалы и изделия соответствуют требованиям настоящего стандарта или стандартов EN 1991 – EN 1999, или находятся в соответствии с требованиями стандартов на производство работ, материалы и изделия;
- сооружение будет поддерживаться в исправном состоянии надлежащим образом;
- сооружение будет использоваться по назначению, соответствующему проектной документации.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В некоторых случаях вышеупомянутые условия необходимо будет дополнить.

## **1.4 Различие между Принципами и Правилами применения**

(1) В зависимости от характера отдельных положений в EN 1990 проводится различие между Принципами и Правилами применения.

(2) Принципы включают в себя:

- общие формулировки и определения, для которых нет альтернатив;
- требования и аналитические модели, для которых нет альтернатив, если не указано иное.

(3) Принципы обозначаются буквой Р, которая следует за номером параграфа.

(4) Правила применения представляют собой общепризнанные правила, которые находятся в соответствии с Принципами и обеспечивают выполнение их требований.

(5) Альтернативные правила проектирования, отличающиеся от правил EN 1990, допускается применять, если альтернативные правила соответствуют основным принципам

и обеспечивают конструктивную безопасность, эксплуатационную пригодность и долговечность, как минимум, равнозначные, предусмотренным в Еврокодах.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Если при проектировании сооружения используется альтернативное правило, заменяющее Правило EN 1990, то результат проектирования не может рассматриваться как полностью соответствующий EN 1990, хотя проект будет соответствовать Принципам EN 1990. Если EN 1990 используется в отношении качеств изделия, перечисленных в Приложении Z стандарта на изделие или директивы ETAG, то применение ненормированного альтернативного правила может явиться основанием для отказа в маркировке CE.

(6) В EN 1990 Правила применения обозначаются номерами в скобках, как, например, это показано в настоящем пункте.

## 1.5 Термины и определения

**ПРИМЕЧАНИЕ** В настоящем европейском стандарте используются термины и определения из ISO 2394, ISO 3898, ISO 8930, ISO 8402.

### 1.5.1 Общие термины в EN 1990 – EN 1999

**1.5.1.1 Строение (construction works):** Все, что строится или является результатом строительных работ строительной деятельности.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Определение соответствует ISO 6707-1. Данный термин подразумевает как здания, так и инженерные сооружения. Термин относится к законченному строению, которое содержит конструктивные (несущие), неконструктивные (ненесущие), а также геотехнические элементы

**1.5.1.2 Тип здания или гражданского инженерного сооружения (type of building or civil engineering works):** Определяется исходя из функционального назначения здания или сооружения, например, жилой дом, подпорная стена, промышленное здание, дорожный мост.

**1.5.1.3 Тип конструкции (type of construction):** Определяется исходя из вида материалов, применяемых для изготовления конструкции, например, железобетонная конструкция, стальная конструкция, деревянная конструкция, каменная конструкция, сталебетонная составная конструкция.

**1.5.1.4 Метод строительства (method of construction):** Способ возведения строения, например, из монолитного бетона, из конструкций заводского изготовления, кантилеверный (консольный – применяется при строительстве мостов).

**1.5.1.5 Строительный материал (construction material):** Материал, применяемый для строительства, например, бетон, сталь, древесина, кирпич.

**1.5.1.6 Конструкция (сооружение) (structure):** Организованная комбинация взаимосвязанных конструктивных элементов, предназначенных для восприятия нагрузок и обеспечения адекватной жесткости.

**1.5.1.7 Конструктивный элемент (structural member):** Физически различимая часть конструктивной системы, например, колонна, балка, плита, фундаментная свая.

**1.5.1.8 Конструктивная форма сооружения (form of structure):** Определяется расположением конструктивных элементов.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Конструктивные формы сооружений – это, например, рамы, подвесные мосты.

**1.5.1.9 Конструктивная система** (structural system): Несущие элементы здания или инженерного сооружения, объединенные определенным способом для совместной работы.

**1.5.1.10 Модель сооружения** (structural model): Идеализированная схема сооружения, используемая при ее расчете, проектировании и проверке.

**1.5.1.11 Строительство** (execution): Все виды деятельности по строительству здания или сооружения, включая приобретение строительных материалов, контроль и разработку соответствующей документации.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Термин подразумевает все работы на строительной площадке, включая изготовление изделий, как на ее территории, так и за пределами, а также их последующего монтажа на площадке.

## **1.5.2 Специальные термины, связанные с расчетами**

**1.5.2.1 Критерии расчета** (design criteria): Количественные формулировки, описывающие условия, которые должны быть выполнены для каждого предельного состояния.

**1.5.2.2 Расчетные ситуации** (design situations): Совокупность физических условий, моделирующих реальные условия, встречающиеся в определенном интервале времени, для которого расчеты должны показать, что соответствующие предельные состояния не превышены.

**1.5.2.3 Переходная расчетная ситуация** (transient design situation): Ситуация, реализующаяся в течение интервала времени, существенно меньшего по продолжительности, чем период эксплуатации сооружения и имеющая высокую вероятность проявления.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Переходная расчетная ситуация относится к временным условиям эксплуатации или воздействия на несущую конструкцию, например, во время строительства или во время проведения ремонта.

**1.5.2.4 Постоянная расчетная ситуация** (persistent design situation): Ситуация, являющаяся определяющей в течение всего периода эксплуатации сооружения.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Обычно она относится к нормальным условиям эксплуатации.

**1.5.2.5 Аварийная расчетная ситуация** (accidental design situation): Расчетная ситуация, учитывающая чрезвычайные для сооружения условия или воздействия, например, пожар, взрыв, удар или местное разрушение.

**1.5.2.6 Противопожарное проектирование** (fire design): Проектирование сооружения с учетом мероприятий, предусматриваемых для сохранения эксплуатационных качеств конструкций в случае пожара.

**1.5.2.7 Сейсмическая расчетная ситуация** (seismic design situation): Расчетная ситуация, учитывающая особые условия для сооружения при сейсмических воздействиях.

**1.5.2.8 Расчетный срок эксплуатации** (design working life): Период времени, в течение которого сооружение или его часть, при соответствующем техническом

обслуживании, но без капитального ремонта, должны эксплуатироваться по своему функциональному назначению.

**1.5.2.9 Опасность** (hazard): Согласно EN 1990 и EN 1991 – EN 1999 – необычное и нерасчетное событие с тяжелыми последствиями, например, сверхрасчетная нагрузка или экологическое воздействие, недостаточная несущая способность или чрезмерное отклонение от предусмотренных размеров.

**1.5.2.10 Схема нагружения** (load arrangement): Схема, характеризующая местоположения, величины и направления свободного воздействия.

**1.5.2.11 Случай нагружения** (load case): Совокупность нагрузок, деформаций и дефектов, которые рассматриваются одновременно с заданными переменными и постоянными воздействиями при проведении верификации (проверки) проектирования, расчета и т.п. операций.

**1.5.2.12 Предельные состояния** (limit states): Состояния, при превышении которых конструкция (сооружение) больше не удовлетворяет соответствующим критериям проектирования.

**1.5.2.13 Критические предельные состояния** (ultimate limit states): Состояния, связанные с разрушением или другими формами отказа конструкции (сооружения).

**ПРИМЕЧАНИЕ** Как правило, они соответствуют превышению сопротивляемости сооружения или конструктивного элемента при восприятии воздействия.

**1.5.2.14 Предельные состояния по эксплуатационной пригодности** (serviceability limit states): Состояния, при превышении которых больше не выполняются установленные требования к эксплуатационной пригодности конструкции (сооружения) или конструктивного элемента.

**1.5.2.14.1 Необратимые предельные состояния по эксплуатационной пригодности** (irreversible serviceability limit states): Предельные состояния, при которых некоторые последствия каких-либо воздействий, которые превышают установленные эксплуатационные требования, сохраняются даже после устранения этих воздействий.

**1.5.2.14.2 Обратимые предельные состояния по эксплуатационной пригодности** (reversible serviceability limit states): Предельные состояния по эксплуатационной пригодности, при которых последствия каких-либо воздействий не сохраняются после устранения этих воздействий.

**1.5.2.14.3 Критерий эксплуатационной пригодности** (serviceability criterion): Расчетный критерий предельного состояния по эксплуатационной пригодности.

**1.5.2.15 Сопротивляемость (несущая способность)** (resistance): Способность элемента или компонента, либо поперечного сечения элемента или компонента сооружения противостоять воздействиям без механического разрушения, например, сопротивление изгибу, сопротивление потере устойчивости, сопротивление растяжению.

**1.5.2.16 Прочность** (strength): Механическое свойство материала, характеризующее его способность сопротивляться воздействиям и, обычно, выражаемое в единицах механического напряжения.

**1.5.2.17 Надежность** (reliability): Способность сооружения или его конструктивного элемента соответствовать установленным требованиям в течение расчетного срока эксплуатации. Надежность выражается, как правило, в вероятностных величинах.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Понятие надежность распространяется на безопасность, эксплуатационную пригодность и долговечность сооружения.

**1.5.2.18 Классификация надежности** (reliability differentiation): Мероприятия, предназначенные для социально-экономической оптимизации ресурсов, используемых в строительстве, с учетом ожидаемых последствий отказов и стоимости строительных работ.

**1.5.2.19 Базисная переменная** (basic variable): Физический параметр (часть заданного набора переменных, представляющих физические величины), характеризующий воздействия или влияние окружающей среды, геометрические величины и свойства материалов, в том числе свойства грунтов.

**1.5.2.20 Техническое обслуживание** (maintenance): Совокупность мероприятий, осуществляемых в течение расчетного срока эксплуатации сооружения для удовлетворения требованиям надежности.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Мероприятия по ремонту сооружения после аварийного или сейсмического события, как правило, не относятся к техническому обслуживанию.

**1.5.2.21 Ремонт** (repair): Действия по сохранению или восстановлению функциональной способности сооружения, выходящие за рамки мероприятий по техническому обслуживанию.

**1.5.2.22 Номинальное значение** (nominal value): Значение, принятное не по результатам статистического анализа, а на основании опытных данных или физических условий.

### **1.5.3 Термины, связанные с воздействиями**

#### **1.5.3.1 Воздействие ( $F$ ) (action ( $F$ )):**

- a) Группа сил (нагрузок), действующих на сооружение (прямое воздействие);
- b) Группа приложенных деформаций или колебаний, вызванных изменением температуры или влажности, неравномерной осадкой оснований или землетрясением (косвенное воздействие).

**1.5.3.2 Эффект воздействий ( $E$ ) (effect of action ( $E$ )):** Реакция конструкции (например, внутренние силы, моменты, напряжения, деформации) или всего сооружения (например, прогибы, повороты), вызванная воздействиями.

**1.5.3.3 Постоянное воздействие ( $G$ ) (permanent action ( $G$ )):** Воздействие в течение всего срока эксплуатации, временное изменение величины которого, по сравнению со средним значением, незначительно, или воздействие, изменение которого до достижения определенного предельного значения происходит всегда монотонно и в одном направлении.

**1.5.3.4 Переменное воздействие ( $Q$ ) (variable action ( $Q$ )):** Воздействие, для которого изменение его величины во времени не является ни незначительным и ни монотонным.

**1.5.3.5 Аварийное воздействие ( $A$ ) (accidental action ( $A$ )):** Воздействие, как правило, кратковременное, но значительной величины, имеющее небольшую вероятность возникновения в течение расчетного срока эксплуатации сооружения.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Аварийное воздействие может иметь тяжелые последствия, если не принимать соответствующих мер.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Ударные, снеговые, ветровые и сейсмические воздействия могут быть переменными или аварийными, в зависимости от имеющейся информации относительно их статистических распределений.

**1.5.3.6 Сейсмическое воздействие ( $A_E$ )** (seismic action ( $A_E$ )): Воздействие, вызванное движениями грунта во время землетрясения.

**1.5.3.7 Геотехническое воздействие** (geotechnical action): Воздействие, передаваемое на сооружение от грунта основания, от засыпки или грунтовых вод.

**1.5.3.8 Фиксированное воздействие** (fixed action): Воздействие, которое имеет постоянное распределение и положение по отношению к сооружению или к конструктивному элементу; величина и направление этого воздействия, если они определены для одной точки сооружения или конструктивного элемента, однозначно определяются для сооружения в целом или для конструктивного элемента.

**1.5.3.9 Свободное воздействие** (free action): Воздействие, которое может иметь различные пространственные распределения по отношению к конструкции.

**1.5.3.10 Отдельное воздействие** (single action): Воздействие, являющееся статистически независимым во времени и пространстве от любого другого воздействия на конструкцию.

**1.5.3.11 Статическое воздействие** (static action): Воздействие, не вызывающее существенных колебаний конструкции или конструктивного элемента.

**1.5.3.12 Динамическое воздействие** (dynamic action): Воздействие, вызывающее существенные колебания конструкции или конструктивного элемента.

**1.5.3.13 Квазистатическое воздействие** (quasi-static action): Динамическое воздействие, выраженное в расчете как эквивалентное статическое воздействие.

**1.5.3.14 Характеристическое значение воздействия ( $F_k$ )** (characteristic value of an action ( $F_k$ )): Определяющее репрезентативное значение воздействия.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Если характеристическое значение может быть установлено статистически, то его определяют с заданной вероятностью, при которой в течение «референтного периода времени» не произойдет превышения данного значения; при этом учитываются расчетный срок эксплуатации сооружения и продолжительность расчетной ситуации.

**1.5.3.15 Референтный период времени** (reference period): Установленный период времени для статистической оценки переменных воздействий, а также, если возможно, для аварийных воздействий.

**1.5.3.16 Комбинационное значение переменного воздействия ( $\psi_0 Q_k$ )** (combination value of a variable action ( $\psi_0 Q_k$ )): Значение переменного воздействия, выбранное по возможности, на статистической основе таким образом, чтобы вероятность превышения эффектов, вызванных комбинацией воздействий, была примерно такой же, как и вероятность превышения характеристического значения единственного (эквивалентного) воздействия. Комбинационное значение представляет собой часть характеристического значения переменного воздействия и может быть определено умножением характеристического значения на коэффициент  $\psi_0 \leq 1$ .

**1.5.3.17 Частое значение переменного воздействия ( $\psi_1 Q_k$ )** (frequent value of a variable action ( $\psi_1 Q_k$ )): Значение переменного воздействия, выбранное по возможности, на статистической основе таким образом, чтобы либо суммарное время его действия в

пределах референтного периода, когда это значение превышается, являлось малой частью референтного периода, либо частота этих превышений ограничивалась заданным значением. Частое значение представляет собой часть характеристического значения переменного воздействия и может быть определено может определено умножением характеристического значения на коэффициент  $\psi_1 \leq 1$ .

**ПРИМЕЧАНИЕ** Частые значения многокомпонентных воздействий, связанных с режимами дорожного движения – см. группы нагрузок в EN 1991-2.

**1.5.3.18 Квазипостоянное значение переменного воздействия ( $\psi_2 Q_k$ )**

(quasipermanent value of a variable action ( $\psi_2 Q_k$ )): Значение переменного воздействия, определенное с учетом того, что суммарный промежуток времени, в течение которого оно будет превышено, составляет большую часть референтного периода времени. Квазипостоянное значение представляет собой часть характеристического значения переменного воздействия и может быть определено умножением характеристического значения на коэффициент  $\psi_2 \leq 1$ .

**1.5.3.19 Значение сопутствующего переменного воздействия ( $\psi Q_k$ )** (accompanying value of a variable action ( $\psi Q_k$ )): Значение переменного воздействия, которое сопровождает

доминирующее воздействие в комбинации воздействий.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Значением сопутствующего переменного воздействия может быть его комбинационное, частое или квазипостоянное значение.

**1.5.3.20 Репрезентативное значение воздействия ( $F_{rep}$ )** (representative value of an action ( $F_{rep}$ )):

Значение, применяемое для проверки предельного состояния. В качестве репрезентативного значения могут быть приняты характеристическое значение ( $F_k$ ) или сопутствующее значение ( $\psi F_k$ ).

**1.5.3.21 Расчетное значение воздействия ( $F_d$ )** (design value of an action ( $F_d$ )):

Значение воздействия, полученное умножением репрезентативного значения на частный коэффициент  $\gamma_f$ .

**ПРИМЕЧАНИЕ** Расчетное значение воздействия может также определяться как произведение репрезентативного значения и частного коэффициента  $\gamma_F = \gamma_{Sd} \times \gamma_f$  (см. 6.3.2).

**1.5.3.22 Комбинации воздействий** (combination of actions): Совокупность расчетных

значений, используемых при проверке надежности сооружения для предельного состояния при одновременном действии различных воздействий.

#### 1.5.4 Термины, связанные со свойствами материалов и изделий

##### 1.5.4.1 Характеристическое значение ( $X_k$ или $R_k$ ) (characteristic value ( $X_k$ or $R_k$ )):

Значение, характеризующее свойства материала или изделия с определенной вероятностью непревышения при гипотетически неограниченном количестве испытаний. Характеристическое значение, обычно соответствует определенной квантили принятого статистического распределения рассматриваемого материала или изделия. В некоторых случаях номинальное значение используется как характеристическое.

1.5.4.2 Расчетное значение свойств материала или изделия ( $X_d$  или  $R_d$ ) (design value of a material or product property ( $X_d$  or  $R_d$ )): Значение, получаемое в результате деления характеристического значения показателя свойств материала и изделия  $X_k$  или показателя свойств конструктивного элемента  $R_k$  на частный коэффициент  $\gamma_m$  или  $\gamma_M$ , либо, при особых обстоятельствах, определяемое непосредственно.

1.5.4.3 Номинальное значение свойств материала или изделия ( $X_{nom}$  или  $R_{nom}$ ) (nominal value of a material or product property ( $X_{nom}$  or  $R_{nom}$ )): Значение, обычно применяемое как характеристическое значение, определенное в соответствующем документе, например, в Европейском стандарте или предварительном стандарте.

#### 1.5.5 Термины, связанные с геометрическими данными

1.5.5.1 Характеристическое значение геометрического свойства ( $a_k$ ) (characteristic value of a geometrical property ( $a_k$ )): Значение, обычно соответствующее номинальному размеру, принятому при проектировании. При необходимости значения геометрических величин могут соответствовать установленным квантилям статистического распределения.

1.5.5.2 Расчетное значение геометрической величины ( $a_d$ ) (design value of a geometrical property ( $a_d$ )): Как правило – это номинальное значение. При необходимости значения геометрических величин могут соответствовать установленным квантилям статистического распределения.

ПРИМЕЧАНИЕ ПРИМЕЧАНИЕ Расчетное значение геометрической величины, как правило, равно характеристическому значению. Иное значение может приниматься в тех случаях, когда предельное состояние очень чувствительно к значению геометрической величины, например, при учете влияния эффекта геометрических несовершенств на потерю устойчивости. В таких случаях, расчетное значение геометрической величины, обычно, устанавливается как значение, указанное непосредственно в соответствующем Европейском стандарте или предварительном стандарте. Альтернативно значение геометрической величины может быть установлено на статистической основе с применением квантиля, превышающего квантиль характеристического значения.

#### 1.5.6 Термины, связанные с расчетом строительных конструкций

ПРИМЕЧАНИЕ Определения, содержащиеся в настоящем разделе, не всегда относятся к терминам, применяемым в EN 1990. Они приводятся здесь для обеспечения единства терминов, относящихся к расчету конструкций в EN 1991 – EN 1999.

**1.5.6.1 Расчет конструкций** (structural analysis): Процедура или алгоритм определения эффектов воздействий (сил, моментов, напряжений, деформаций) в любой точке конструкции.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Расчет можно проводить на трех уровнях, используя различные модели: общий расчет, расчет отдельных конструктивных элементов, локальный (местный) расчет.

**1.5.6.2 Общий расчет** (global analysis): Определение в конструкции согласованных между собой величин сил, моментов и усилий, находящихся в равновесии с воздействиями на несущую конструкцию и зависящих от геометрических размеров, конструктивных решений и свойств материалов.

**1.5.6.3 Линейно-упругий расчет первого порядка без уточнения** (first order linear-elastic analysis without redistribution): Упругий расчет, основанный на линейных зависимостях «напряжения – деформации» или «моменты – кривизна» и выполняемый с учетом начальной геометрии недеформированной конструкции (по недеформированной схеме).

**1.5.6.4 Линейно-упругий расчет первого порядка с уточнением** (first order linear-elastic analysis with redistribution): Линейно-упругий расчет, при котором внутренние усилия уточняются в соответствии с изменением внешних воздействий, но без проведения точного расчета на кручение.

**1.5.6.5 Линейно-упругий расчет второго порядка** (second order linear-elastic analysis): Упругий расчет конструкций, выполняемый по деформированной расчетной схеме с использованием линейных зависимостей.

**1.5.6.6 Нелинейный расчет первого порядка** (first order non-linear analysis): Расчет конструкций, выполняемый по недеформированной расчетной схеме с учетом нелинейных деформационных свойств материалов.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Нелинейный расчет первого порядка может выполняться с использованием соответствующих допущений о жесткости: упруго-идеально-пластичной (см. 1.5.6.8 и 1.5.6.9), упруго-пластичной (см. 1.5.6.10) или жестко-пластичной (см. 1.5.6.11).

**1.5.6.7 Нелинейный расчет второго порядка** (second order non-linear analysis): Расчет конструкций, выполняемый по деформированной расчетной схеме с учетом нелинейных деформационных свойств материалов.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Нелинейный расчет второго порядка может быть идеально-упруго-пластическим или упруго-пластическим.

**1.5.6.8 Упруго-идеально-пластический расчет первого порядка** (first order elastic-perfectly plastic analysis): Расчет конструкций, выполняемый по недеформированной схеме с учетом зависимостей «момент-кривизна», состоящих из линейно-упругой части и последующей пластичной части без упрочнения.

**1.5.6.9 Упруго-идеально-пластический расчет второго порядка** (second order elastic-perfectly plastic analysis): Расчет конструкций, выполняемый по деформированной расчетной схеме с учетом зависимостей «момент-кривизна», состоящих из линейно-упругой части и последующей пластичной части без упрочнения.

**1.5.6.10 Упруго-пластический расчет** (elasto-plastic analysis): Расчет конструкций, при котором применяются зависимости «напряжения-деформации» или «момент-кривизна»

состоящие из линейно-упругих частей и последующих пластичных частей с упрочнением или без упрочнения.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Такие расчеты могут выполняться как по недеформированным, так и по деформированным расчетным схемам.

**1.5.6.11 Жестко-пластический расчет (rigid plastic analysis):** Расчет, выполняемый по недеформированной расчетной схеме, с использованием методов предельного равновесия.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Предполагается, что зависимость «момент-кривизна» не имеет упругой части и упрочнения.

## 1.6 Символы

В настоящем Европейском стандарте применяются следующие символы.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Применяемые символы приведены в соответствии с ISO 3898:1987.

*Прописные буквы латинского алфавита:*

- A – аварийное воздействие;  
A<sub>d</sub> – расчетное значение аварийного воздействия;  
A<sub>Ed</sub> – расчетное значение сейсмического воздействия  $A_{Ed} = \gamma_1 A_{Ek}$ ;  
A<sub>Ek</sub> – характеристическое значение сейсмического воздействия;  
C<sub>d</sub> – номинальное значение, функция определенных расчетных свойств материала;  
E – эффект воздействий;  
E<sub>d</sub> – расчетное значение эффекта воздействий;  
E<sub>d,dst</sub> – расчетное значение эффекта дестабилизирующих воздействий;  
E<sub>d,stb</sub> – расчетное значение эффекта стабилизирующих воздействий;  
F – воздействие;  
F<sub>d</sub> – расчетное значение воздействия;  
F<sub>k</sub> – характеристическое значение воздействия;  
F<sub>rep</sub> – репрезентативное значение воздействия;  
F<sub>w</sub> – ветровая нагрузка; (основной символ)  
F<sub>wk</sub> – характеристическое значение ветровой нагрузки;  
F<sub>w</sub>\* – ветровая нагрузка, сочетающаяся с автодорожным движением;  
F<sub>w</sub>\*\* – ветровая нагрузка, сочетающаяся с железнодорожным движением;  
G – постоянное воздействие;  
G<sub>d</sub> – расчетное значение постоянного воздействия;  
G<sub>d,inf</sub> – наименьшее расчетное значение постоянного воздействия;  
G<sub>d,sup</sub> – наибольшее расчетное значение постоянного воздействия;  
G<sub>k</sub> – характеристическое значение постоянного воздействия;  
G<sub>k,j</sub> – характеристическое значение постоянного воздействия *j*;  
G<sub>k,j,sup</sub>/G<sub>k,j,inf</sub> – наибольшее/наименьшее характеристические значения постоянного воздействия *j*;  
G<sub>set</sub> – постоянное воздействие из-за неравномерных осадок;

**СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011  
EN 1990:2002+A1:2005(E)**

- $P$  – определяющее репрезентативное значение воздействия предварительного напряжения (см. EN 1992 – EN 1996 и EN 1998 – EN 1999);  
 $P_d$  – расчетное значение усилия предварительного напряжения;  
 $P_k$  – характеристическое значение усилия предварительного напряжения;  
 $P_m$  – среднее значение усилия предварительного напряжения;  
 $Q$  – переменное воздействие;  
 $Q_d$  – расчетное значение переменного воздействия;  
 $Q_k$  – характеристическое значение отдельного переменного воздействия;  
 $Q_{k,1}$  – характеристическое значение доминирующего переменного воздействия 1;  
 $Q_{k,i}$  – характеристическое значение сопутствующего переменного воздействия  $i$  (сопутствующего воздействия);  
 $Q_{Sn}$  – характеристическое значение снеговой нагрузки;  
 $R$  – сопротивление (сопротивляемость);  
 $R_d$  – расчетное значение сопротивления (сопротивляемости);  
 $R_k$  – характеристическое значение сопротивления (сопротивляемости);  
 $T$  – температурное климатическое воздействие (основной символ);  
 $T_k$  – характеристическое значение температурного климатического воздействия;  
 $X$  – свойство материала;  
 $X_d$  – расчетное значение свойства материала;  
 $X_k$  – характеристическое значение свойства материала;

*Строчные буквы латинского алфавита:*

- $a_d$  – расчетное значение геометрической величины;  
 $a_k$  – характеристическое значение геометрической величины;  
 $a_{nom}$  – номинальное значение геометрической величины;  
 $d_{set}$  – разность в осадке отдельного фундамента или части фундамента, сопоставимая с контрольным (референтным) уровнем;  
 $u$  – горизонтальное перемещение сооружения или конструктивного элемента;  
 $w$  – вертикальное отклонение конструктивного элемента.

*Прописные буквы греческого алфавита:*

- $\Delta a$  – изменение номинального значения геометрической величины для целей подробного расчета, например, для оценки влияния эффектов несовершенств.  
 $\Delta d_{set}$  – погрешность при оценке осадки фундамента или части фундамента.

*Строчные буквы греческого алфавита:*

- $\gamma$  – частный коэффициент (безопасности или эксплуатационной надежности);  
 $\gamma_{bt}$  – максимальное пиковое значение ускорения колебаний пролетного строения моста при балластированном пути;  
 $\gamma_{df}$  – максимальное пиковое значение ускорения колебаний пролетного строения моста при укладке рельс непосредственно на верхнее строение пути;  
 $\gamma_{Gset}$  – частный коэффициент для постоянных воздействий вследствие осадок фундамента, учитывающий также влияние неопределенностей модели;

- $\gamma_f$  – частный коэффициент для воздействий, учитывающий возможность неблагоприятных отклонений численных значений воздействий от их репрезентативных значений;
- $\gamma_F$  – частный коэффициент для воздействий, учитывающий также неопределенность расчетных моделей и отклонения линейных размеров (размерных вариаций);
- $\gamma_g$  – частный коэффициент для постоянных воздействий, который учитывает возможность неблагоприятного отклонения численных значений воздействий от репрезентативных величин;
- $\gamma_G$  – частный коэффициент для постоянных воздействий, учитывающий также неопределенность расчетных моделей и отклонения величин;
- $\gamma_{G,j}$  – частный коэффициент для постоянного воздействия  $G_j$ ;
- $\gamma_{G,j,sup}/\gamma_{G,j,inf}$  – частный коэффициент для  $j$ -го постоянного воздействия при вычислении наибольших/наименьших расчетных значений;
- $\gamma_i$  – коэффициент ответственности (см. EN 1998);
- $\gamma_m$  – частный коэффициент для свойств материала;
- $\gamma_m$  – частный коэффициент для свойств материала, учитывающий также неопределенности расчетных моделей и отклонения линейных размеров (размерных вариаций);
- $\gamma_P$  – частный коэффициент для усилия предварительного напряжения (см. EN 1992 – EN 1996 и EN 1998 – EN 1999);
- $\gamma_q$  – частный коэффициент для переменных воздействий, который учитывает возможность неблагоприятного отклонения численных значений воздействий по отношению к их репрезентативным величинам;
- $\gamma_Q$  – частный коэффициент для переменных воздействий, учитывающий также неопределенности расчетных моделей и отклонения величин;
- $\gamma_{Q,i}$  – частный коэффициент для переменного воздействия  $Q_i$ ;
- $\gamma_{Rd}$  – частный коэффициент, учитывающий неопределенность модели сопротивляемости;
- $\gamma_{Sd}$  – частный коэффициент, учитывающий неопределенность воздействия и/или модели эффекта воздействия;
- $\eta$  – коэффициент конверсии (коэффициент, позволяющий пересчитывать результаты испытаний в значения параметров, характеризующих свойства материала или изделия в эксплуатационных условиях);
- $\xi$  – коэффициент редукции;
- $\psi_0$  – коэффициент к комбинационному значению переменного воздействия;
- $\psi_1$  – коэффициент к частому значению переменного воздействия;
- $\psi_2$  – коэффициент к квазипостоянному значению переменного воздействия.

## **2 ТРЕБОВАНИЯ**

### **2.1 Основные требования**

(1)Р Сооружение должно быть запроектировано и построено таким образом, чтобы в течение расчетного срока эксплуатации оно с соответствующей степенью надежности и экономичным способом:

- противостояло всем возможным воздействиям и влияниям, которые могут произойти во время возведения и эксплуатации; а также
- соответствовало требованиям по эксплуатационной пригодности для сооружений и конструктивных элементов.

**ПРИМЕЧАНИЕ** См. также 1.3, 2.1(7) и 2.4(1)Р.

(2)Р Сооружение должно быть запроектировано таким образом, чтобы сохранялись его адекватные:

- конструктивное сопротивление;
- эксплуатационная пригодность; и
- долговечность.

(3)Р В случае пожара, несущая способность сооружения должна быть обеспечена на требуемый промежуток времени.

**ПРИМЕЧАНИЕ** См. также EN 1991-1-2.

(4)Р Сооружение должно быть запроектировано и построено таким образом, чтобы такие события как:

- взрыв;
- удар; и
- ошибки деятельности человека;

не приводили к последствиям, непропорциональным событиям.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Указанные выше события и опасности должны быть согласованы для каждого конкретного проекта заказчиком и уполномоченным органом.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Дополнительная информация содержится в EN 1991-1-7.

(5)Р Потенциально возможные повреждения следует ограничить или исключить за счет выполнения одного или комплекса мероприятий, предусматривающих:

- предотвращение, исключение или снижение опасностей, которым может быть подвергнуто сооружение;
- выбор конструктивных форм, мало чувствительных к потенциальным опасностям;
- применение конструктивных форм и проектных решений, при которых сооружения, в случаях случайного удаления отдельного элемента или некоторой ограниченной части сооружения, а также при возникновении в них локальных повреждений, сохраняли свою работоспособность.
- исключение, по возможности, конструктивных систем, которые могут разрушиться без предварительных признаков;
- надежное соединение конструктивных элементов.

(6) Соответствие основополагающим требованиям должно быть обеспечено посредством:

- выбора соответствующих строительных материалов;
- надлежащего расчета и конструирования, а также соответствующего строительного исполнения;
- назначения процедур контроля на этапах проектирования, изготовления, строительства и эксплуатации, имеющих отношение к конкретному проекту.

(7) Требования, приведенные в Разделе 2, предусматривают, что проектирование объекта основывается на знаниях и передовой практике, как правило, соответствующих современному уровню.

## 2.2 Обеспечение надежности

(1) Р Требуемая надежность сооружений, соответствующая EN 1990, обеспечивается:

- a) проектированием в соответствии с EN 1990 – EN 1999; и
- b) посредством:
  - надлежащим производством работ; и
  - мероприятиями по контролю качества строительства.

ПРИМЕЧАНИЕ См. 2.2 (5) и Приложение В.

(2) Разные уровни надежности могут применяться в частности:

- для обеспечения несущей способности сооружения;
- для обеспечения эксплуатационной пригодности.

(3) При выборе уровня надежности каждого сооружения следует учитывать следующие факторы:

- возможную причину и/или форму достижения предельного состояния;
- возможные последствия отказа с точки зрения риска для жизни и здоровья людей, а также возможных экономических потерь;
- социальные последствия отказа;
- расходы и мероприятия, необходимые для уменьшения риска отказа.

(4) Требуемые уровни надежности каждого сооружения могут зависеть от одного или обоих факторов:

- ответственности сооружения в целом;
- ответственности конструктивных элементов сооружения.

ПРИМЕЧАНИЕ См. также Приложение В.

(5) Требуемые уровни надежности по несущей способности и эксплуатационной пригодности могут быть достигнуты комбинированием:

- a) профилактических и защитных мероприятий (например, устройством барьеров безопасности, активных или пассивных противопожарных мероприятий, защитой от коррозии, за счет нанесения покрытий или применения катодной защиты и т. д.);
- b) проектированием и расчетом с использованием:
  - репрезентативных значений воздействий;
  - частных коэффициентов надежности;
- c) мероприятий по контролю качества;
- d) мероприятий, направленных на предотвращение ошибок при проектировании, расчете и строительстве сооружений, а также ошибок, связанных с деятельностью людей;

- е) других мероприятий, касающихся следующих вопросов проектирования:
- основных требований;
  - степени прочности (конструктивной целостности);
  - долговечности, включая выбор соответствующего расчетного срока эксплуатации;
  - степени и качества предварительных исследований грунтов и возможного влияния окружающей среды;
  - точности применяемых расчетных моделей;
  - качества конструирования;
- ф) эффективного строительства, например, в соответствии со стандартами на строительство, упомянутыми в EN 1991 – EN 1999;
- г) мероприятий по контролю и техническому обслуживанию согласно процедурам, указанным в проектной документации.

(6) Мероприятия по предупреждению потенциальных причин повреждений и/или снижению их последствий, при соответствующих обстоятельствах, допускается в определенных пределах корректировать, при условии, что требуемые уровни надежности будут обеспечены.

## **2.3 Расчетный срок эксплуатации**

(1) Следует устанавливать расчетный срок эксплуатации сооружения.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Индикативные категории расчетных сроков эксплуатации приведены в Таблице 2.1. Значения, приведенные в Таблице 2.1 также могут быть использованы для определения эксплуатационных качеств, зависящих от времени (например, связанных с усталостной прочностью). См. также Приложение А.

**Таблица 2.1 – Индикативный (прогнозируемый) расчетный срок эксплуатации**

<b>Категории расчетного срока эксплуатации</b>	<b>Индикативный расчетный срок эксплуатации (в годах)</b>	<b>Примеры</b>
1	10	Временные сооружения <sup>1)</sup>
2	От 10 до 25	Заменяемые конструкции, например, подкрановые балки, опоры
3	От 15 до 30	Сельскохозяйственные сооружения и аналогичные им
4	50	Здания и другие обычные сооружения
5	100	Монументальные здания, мосты и другие гражданские инженерные сооружения

<sup>1)</sup> Сооружения или их конструкции, демонтируемые с целью повторного использования, не должны рассматриваться как конструкции с ограниченным временем эксплуатации.

## **2.4 Долговечность**

(1)Р Сооружение должно быть запроектировано таким образом, чтобы его показатели, изменяющиеся со временем, не влияли на эксплуатационные качества сооружения в течение расчетного срока эксплуатации. При этом следует учитывать влияние внешних условий и плановые мероприятия по техническому обслуживанию.

(2) Для обеспечения требуемой долговечности сооружения следует учитывать следующие факторы:

- предусмотренные или прогнозируемые условия эксплуатации сооружения;
- принятые критерии расчета (проектирования);
- прогнозируемые условия окружающей среды;
- состав, свойства и эксплуатационные характеристики строительных материалов и изделий;
- свойства грунтов оснований;
- свойства выбранной конструктивной системы;
- геометрические параметры элементов сооружения и их конструктивные решения;
- качество выполнения строительных работ и уровень контроля;
- специальные защитные мероприятия;
- плановое техническое обслуживание в течение расчетного срока эксплуатации.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Мероприятия по обеспечению долговечности установлены в EN 1992–EN 1999 .

(3)Р На этапе проектирования необходимо определить условия окружающей среды, чтобы установить ее влияние на долговечность и принять соответствующие мероприятия для защиты строительных материалов и изделий, используемых в сооружении.

(4) Степень износа допускается определять на основании расчетов, экспериментальных исследований, предшествующего опыта эксплуатации подобных конструкций, или на основании комплекса таких данных.

## **2.5 Обеспечение качества**

(1) Для создания сооружения, соответствующего требованиям и предпосылкам, принятым при проектировании, следует предусматривать соответствующие мероприятия. Данные мероприятия включают:

- определение требований к надежности;
- организационные мероприятия;
- контроль на этапах проектирования, производства работ, в процессе эксплуатации и технического обслуживания.

**ПРИМЕЧАНИЕ** При необходимости, для мероприятий по обеспечению качества допускается применять EN ISO 9001:2000.

### **3 ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ**

#### **3.1 Общие положения**

(1)Р Необходимо различать критические предельные состояния и предельные состояния по эксплуатационной пригодности.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В некоторых случаях, например, для обеспечения безопасности дорожного движения, требуются дополнительные проверки.

(2) Допускается не производить проверку одного из двух категорий предельных состояний, если имеющиеся данные указывают на то, что пропущенная проверка удовлетворяется другой проверкой.

(3)Р Предельные состояния должны быть связаны с расчетными ситуациями, см. 3.2.

(4) Расчетные ситуации классифицируются, как постоянные, переходные и аварийные; см. 3.2.

(5) Проверки предельных состояний, связанных с зависящими от времени эффектами (например, с усталостью), должны быть увязаны с расчетными сроками эксплуатации строений.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Большинство эффектов, зависящих от времени, являются взаимосвязанными (совокупными).

#### **3.2 Расчетные ситуации**

(1)Р Основные расчетные ситуации следует определять с учетом условий, при которых сооружение должно выполнять свои функции.

(2)Р Расчетные ситуации должны классифицироваться следующим образом:

– постоянные расчетные ситуации, которые соответствуют условиям нормальной эксплуатации;

– переходные расчетные ситуации, которые соответствуют временными условиям, применимы к сооружению, например, в процессе возведения (строительства) или ремонта;

– аварийные расчетные ситуации, которые соответствуют исключительным условиям, применимы к сооружению или воздействиям на него, например, к пожару, взрыву, удару или последствиям локального повреждения/отказа;

– сейсмические расчетные ситуации, которые соответствуют условиям, применимы к сооружению при воздействии сейсмического события.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Информация о конкретных расчетных ситуациях в пределах каждого из указанных классов приведена в EN 1991 - EN 1999.

(3)Р Выбранные расчетные ситуации должны быть в достаточной мере неблагоприятными и разнообразными, позволяющими учесть все условия, которые могут возникать в процессе возведения (строительства) и эксплуатации сооружения.

#### **3.3 Критические предельные состояния**

(1)Р Предельные состояния следует классифицировать как критические предельные состояния, если они связаны:

- с безопасностью людей; и/или
- с безопасностью сооружения.

(2) При определенных обстоятельствах предельные состояния, касающиеся защиты содержимого сооружений, также следует классифицировать как критические предельные состояния.

ПРИМЕЧАНИЕ Эти обстоятельства в каждом отдельном проекте определяются совместно с заказчиком и соответствующим уполномоченным органом.

(3) Состояния, предшествующие разрушению конструкций, рассматриваемые для упрощения вместо самого разрушения, можно принимать в качестве критических предельных состояний.

(4) В соответствующих случаях требуют проверки следующие критические предельные состояния:

- потеря равновесия сооружением или любой его частью, рассматриваемыми как жесткие тела;
- отказ из-за чрезмерной деформации, переход сооружения или его части в механизм, разрыв, потеря устойчивости сооружением или его частью, включая опоры и фундаменты;
- отказ из-за усталости или других эффектов, зависящих от времени.

ПРИМЕЧАНИЕ Для различных критических предельных состояний применяются разные группы частных коэффициентов; см. 6.4.1.

### **3.4 Предельные состояния по эксплуатационной пригодности**

(1) В качестве предельных состояний по эксплуатационной пригодности следует классифицировать предельные состояния, связанные с:

- функционированием сооружения или одной из его частей в условиях нормальной эксплуатации;
- комфортом людей;
- внешним видом строения.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Под «внешним видом» в контексте эксплуатационной пригодности следует понимать не эстетические критерии, а большие прогибы и недопустимое трещинообразование.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Требования к эксплуатационной пригодности, как правило, определяются для каждого конкретного проекта.

(2) Предельные состояния по эксплуатационной пригодности следует различать, как обратимые и необратимые.

(3) Проверки предельных состояний по эксплуатационной пригодности должны основываться на критериях в отношении:

а) деформаций, которые влияют:

- на внешний вид сооружения;
- на комфорт пользователей; или

– на функционирование сооружения (включая функционирование машин или служб), или вызывают убытки, связанные с повреждениями отделки и неконструктивных элементов;

б) вибраций:

- вызывающих у людей неприятные физические ощущения;
- функционально ограничивающих эксплуатационную пригодность сооружения;
- с) повреждений, которые предположительно отрицательно влияют:
  - на внешний вид;
  - долговечность; или
  - функциональную способность сооружения.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Дополнительные положения, касающиеся критериев эксплуатационной пригодности, приведены в соответствующих частях EN 1992 – EN 1999.

### **3.5 Расчет по предельным состояниям**

(1)Р Расчет по предельным состояниям следует выполнять с помощью расчетных моделей сооружений и воздействий, соответствующих рассматриваемым значимым предельным состояниям.

(2)Р Следует проверить, что предельные состояния не будут превышены, если в этих расчетных моделях использованы соответствующие расчетные значения для:

- воздействий;
- свойств материала;
- свойств изделия; и
- геометрических данных.

(3)Р Проверки следует осуществлять для всех значимых расчетных ситуаций и расчетных случаев нагружения.

(4) Соответствие требованиям 3.5(1)Р следует достигать посредством метода частных коэффициентов, предписанного в Разделе 6.

(5) В качестве альтернативы допускается использовать расчеты, основанные на вероятностных методах.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Соответствующий уполномоченный орган может устанавливать специальные условия их применения.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Основы вероятностных методов приведены в Приложении С.

(6)Р Для рассматриваемых расчетных ситуаций должны определены критические случаи нагружений.

(7) При проведении каждого расчета следует установить все возможные расчетные воздействия и их комбинации, а так же систему расчетных деформаций и дефектов, которые должны быть рассмотрены одновременно с действием фиксированных временных и постоянных воздействий.

(8)Р При выполнении расчетов следует учитывать возможные отклонения воздействий по направлению или по месту приложения.

(9) Расчетные модели и модели нагрузок могут основываться на реальных физических или математических моделях.

## **4 БАЗИСНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ**

## 4.1 Воздействия и влияние окружающей среды

### 4.1.1 Классификация воздействий

(1)Р Воздействия, в зависимости от характера их изменения во времени, подразделяются на:

- постоянные воздействия ( $G$ ), например, собственный вес конструкций, стационарного оборудования, дорожных покрытий, а также косвенные воздействия, вызванные усадками и неравномерными осадками;
- переменные воздействия ( $Q$ ), например, приложенные нагрузки на междуэтажные перекрытия, балки и покрытия, ветровые воздействия или сугробовые нагрузки;
- аварийные воздействия ( $A$ ), например, взрывы или удар транспортного средства.

ПРИМЕЧАНИЕ Косвенные воздействия, вызванные приложенными деформациями, могут быть постоянными или переменными.

(2) Определенного рода воздействия, в зависимости от местоположения площадки строительства, такие как сейсмические воздействия или сугробовые нагрузки, могут рассматриваться, как аварийные и/или как переменные воздействия, см. EN 1991 и EN 1998 .

(3) Гидростатические воздействия, в зависимости от изменения их величины во времени, могут рассматриваться как постоянные и/или переменные воздействия.

(4)Р Воздействия также должны классифицироваться:

- по их происхождению, как прямые или косвенные;
- по изменению их пространственного распределения, как фиксированные или свободные; или
- по их природе и/или реакции сооружения, как статические или динамические.

(5) Воздействие должно быть описано моделью, при этом величина воздействия в большинстве случаев может быть представлена одним скаляром, который может иметь несколько репрезентативных значений.

ПРИМЕЧАНИЕ Для некоторых воздействий и проверок может быть необходимо более сложное представление величин некоторых воздействий.

### 4.1.2 Характеристические значения воздействий

(1)Р Характеристическим значением воздействия  $F_k$  является его основное репрезентативное значение, которое должно устанавливаться следующим образом:

- как среднее, верхнее или нижнее значение, или же, как номинальное значение (которое не связано с известным статистическим распределением) (см. EN 1991);
  - в проектной документации в соответствии с положениями, указанными в EN 1991.
  - в соответствии с EN 1991 – как среднее значение, как верхнее или нижнее значение или как номинальное значение (т. е., значение, полученное не по результатам статистического анализа);

(2)Р Характеристическое значение постоянного воздействия следует оценивать следующим образом:

- при малой изменчивости  $G$  может использоваться единственное значение  $G_k$ ;
- при большой изменчивости  $G$  должны использоваться два значения: наибольшее

**СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011  
EN 1990:2002+A1:2005(E)**

значение  $G_{k,sup}$  и наименьшее значение  $G_{k,inf}$ .

(3) Изменчивостью  $G$  можно пренебречь, если  $G$  существенно не изменяются в течение расчетного срока эксплуатации сооружения и имеет малый коэффициент вариации. В этом случае  $G_k$  должно быть принято равным среднему значению.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В зависимости от типа сооружения значение коэффициента вариации может быть в диапазоне 0,05 – 0,10.

(4) В том случае, если сооружение очень чувствительно к изменениям  $G$  (например, в некоторых видах бетонных конструкций с предварительным напряжением), то даже если коэффициент вариации мал, следует применять два значения:  $G_{k,sup}$  и  $G_{k,inf}$ . В этом случае  $G_{k,inf}$  допускается принять как 5%-ный квантиль, а  $G_{k,sup}$  – как 95%-ный квантиль статистического распределения для  $G$ , а в качестве распределения может быть принято распределение Гаусса.

(5) Собственный вес сооружения может быть представлен единственным характеристическим значением и расчитываться на основе номинальных размеров и среднего удельного веса; см. EN 1991-1-1.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Для определения осадки фундаментов см. EN 1997.

(6) Предварительное напряжение ( $P$ ) следует классифицировать как постоянное воздействие, созданное контролируемыми силами или деформациями, приложенными к конструкции. Эти типы предварительного напряжения следует отличать друг от друга (например, предварительное напряжение путем предварительно напряженной арматуры, предварительное напряжение путем приложенной деформации к опорам).

**ПРИМЕЧАНИЕ** Характеристическим значением предварительного напряжения на момент времени  $t$  может быть наибольшее значение  $P_{k,sup}(t)$  и наименьшее значение  $P_{k,inf}(t)$ . Для критических предельных состояний может использоваться среднее значение  $P_m(t)$ . Более подробные данные – см. EN 1992 – EN 1996 и EN 1999.

(7) Для переменных воздействий, характеристическое значение ( $Q_k$ ) должно соответствовать:

– либо наибольшему значению с заданной вероятностью непревышения, либо наименьшему значению с заданной вероятностью проявления в течение некоторого определенного референтного периода времени;

– либо номинальному значению, которое может быть определено для случаев, когда статистическое распределение неизвестно.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Численные значения указаны в различных Частях EN 1991.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2.** Характеристическое значение климатических воздействий основывается на вероятности превышения 0,02 для годовых максимумов. Это соответствует среднему периоду повторяемости 50 лет для годовых максимумов. Однако в некоторых случаях в зависимости от характера воздействия и/или выбранной расчетной ситуации необходимо использовать другие квантили и/или периоды повторяемости.

(8) Расчетное значение  $A_d$  для аварийных воздействий должно быть определено индивидуально для каждого проекта.

**ПРИМЕЧАНИЕ** См. также EN 1991-1-7.

(9) Для сейсмических воздействий расчетное значение  $A_{Ed}$  следует определять через характеристическое значение  $A_{Ek}$  или устанавливать индивидуально.

ПРИМЕЧАНИЕ См. также EN 1998.

(10) Для многокомпонентных воздействий, характеристическое воздействие должно быть представлено группой значений, каждое из которых в расчетных вычислениях рассматривается по отдельности.

#### 4.1.3 Другие репрезентативные значения переменных воздействий

(1)Р Другие репрезентативные значения переменного воздействия должны быть следующими:

(а) комбинационное значение, представляющее в виде произведения  $\psi_0 Q_k$ , и используемое для проверки критических предельных состояний и необратимых предельных состояний по эксплуатационной пригодности (см. Раздел 6 и Приложение С);

(б) частое значение, представляющее в виде произведения  $\psi_1 Q_k$ , и используемое для проверки критических предельных состояний, связанных с аварийными воздействиями и проверок обратимых предельных состояний по эксплуатационной пригодности.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Для зданий, например, частое значение выбирается таким образом, чтобы время его превышения составляло 0,01 от референтного периода времени; для связанных с дорожным движением нагрузок на мосты, частое значение оценивается на основе периода повторяемости в одну неделю.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Редкое (нечастое) значение, представляется в виде произведения  $\Psi_{1,infq} Q_k$ , и может быть использовано только для проверки определенного рода предельных состояний по эксплуатационной пригодности, в особенности для железобетонных мостов. Редкое значение, которое определяется только для нагрузок от дорожного движения (см. EN 1991-2), для тепловых воздействий (см. EN 1991-1-5), для ветровых нагрузок (см. EN 1991-1-4), основано на периоде повторяемости в один год. (*Изм.ред. – Приказ КДСиЖКХ от 12.08.2025г. №117-НК*).

ПРИМЕЧАНИЕ 3 (*Исключено – Приказ КДСиЖКХ от 12.08.2025 г. №117-НК*).

с) квазипостоянное значение, представляющее собой произведение  $\psi_2 Q_k$  и применяемое в проверках критических предельных состояний при аварийных воздействиях и в проверках обратимых предельных состояний по эксплуатационной пригодности. Квазипостоянные значения переменных воздействий применяются для прогнозирования эффектов, связанных с длительными воздействиями.

ПРИМЕЧАНИЕ Для нагрузок на междуетажные перекрытия здания, квазипостоянное значение обычно выбирается таким образом, чтобы время его действия составляло 0,5 от референтного периода времени. Квазипостоянное значение может быть альтернативно определено как значение, усредненное по выбранному периоду времени. В случае воздействий ветра или связанных с дорожным движением нагрузок, квазипостоянное значение, как правило, принимается равным нулю.

#### 4.1.4 Усталостные воздействия

(1) При проверке усталостной прочности необходимо применять модели воздействий, оговоренные в соответствующих частях EN 1991 с учетом оценки реакций конструкций (например, одно- и многопролетных мостов, башенных строений при действии ветровых нагрузок) на динамические воздействия.

(2) Для сооружений, на которые не распространяются модели воздействий, оговоренные в соответствующих Частях EN 1991, усталостные воздействия необходимо определять на основании экспериментальных данных или изучения ожидаемых спектров воздействий.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Оценки других воздействий, зависящих от свойств материала (например, от влияния среднего напряжения или нелинейных эффектов), приведены в Еврокодах EN 1992 – EN 1999.

#### **4.1.5 Динамические воздействия**

(1) Модели воздействий, определяемых характеристическими значениями, а также модели усталостных воздействий, приведенные в EN 1991, могут явно или неявно, с помощью корректирующих коэффициентов динамичности, включать в себя эффекты колебаний, вызванные воздействиями.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Области применения данных моделей указаны в различных Частях EN 1991.

(2) В тех случаях, когда динамические воздействия вызывают значительные колебания сооружения, необходимо выполнять динамический анализ его поведения; см. 5.1.3(6).

#### **4.1.6 Геотехнические воздействия**

(1) Геотехнические воздействия следует оценивать в соответствии с положениями EN 1997-1.

#### **4.1.7 Воздействия окружающей среды**

(1) Выбор материала конструкций и технические требования к ним, концепции конструктивных решений и детальное конструирование следует осуществлять с учетом влияния окружающей среды, которое отражается на долговечности конструкций.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В EN 1992 – EN 1999 указаны необходимые мероприятия.

(2) Эффекты влияния окружающей среды, принимаемые во внимание, по возможности, следует задавать в количественном виде.

### **4.2 Свойства материалов и изделий**

(1) Свойства материалов (включая грунт и скальную породу), строительных изделий или элементов конструкции должны указываться как характеристические значения (см. 1.5.4.1).

(2) В тех случаях, когда результаты проверки предельного состояния чувствительны к изменениям свойств материала, необходимо принимать во внимание верхние и нижние характеристические значения показателей свойств материала.

(3) Если в EN 1991 – EN 1999 не установлено другое, то:

– в тех случаях, когда неблагоприятным является меньшее значение свойства материала или изделия, его характеристическая величина должна быть определена как 5%-ное значение квантиля распределения;

– в тех случаях, когда неблагоприятным является большее значение свойства

материала или изделия, его характеристическая величина должна быть определена как 95%-ное значение квантиля распределения.

(4)Р Значения свойств строительных материалов следует определять по результатам испытаний, выполненными в соответствии с действующими стандартами на испытания. В тех случаях, когда результаты испытаний необходимо преобразовать в значения показателей, которые, по предположению, описывают свойства материала или изделия в сооружении или в грунте, следует применять коэффициенты конверсии.

**ПРИМЕЧАНИЕ** См. Приложение D и EN 1992 – EN 1999.

(5) При отсутствии достаточного количества статистических данных в качестве характеристических или расчетных значений свойств материалов или изделий допускается использовать номинальные значения, которые могут рассматриваться как характеристические значения, или же расчетные значения показателя могут быть установлены непосредственным образом. Если верхние или нижние расчетные значения свойств материала или изделия установлены непосредственно (например, коэффициенты трения или коэффициенты демпфирования), то они должны быть выбраны таким образом, что бы для рассматриваемого предельного состояния их наиболее неблагоприятные значения имели ту же вероятность появления, что и другие показатели.

(6) В тех случаях, когда требуется получить верхнюю оценку прочности (например, для показателей расчетной несущей способности и для прочности бетона на растяжение при определении эффектов косвенных воздействий), следует использовать верхнее характеристическое значение прочности.

(7) Следует учитывать, что в результате повторяющихся воздействий, со временем, из-за усталости, может произойти снижение прочности материала или сопротивляемости изделий; см. EN 1992 - EN 1999.

(8) Для показателей жесткости (например, модуля упругости, коэффициентов ползучести) и коэффициентов температурного расширения следует применять средние значения. Другие значения этих параметров необходимо использовать в тех случаях, когда во внимание принимается продолжительность воздействия.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В некоторых случаях (например, в случае потери устойчивости) следует применять более низкое или более высокое значение модуля упругости по сравнению со средним.

(9) Значения свойств строительных материалов и изделий указываются в EN 1992–EN 1999, а также в гармонизированных Европейских технических условиях или в других документах. Если при проектировании используются значения, заимствованные из стандартов на изделия и не указанные в EN 1992 – EN 1999, следует использовать наиболее неблагоприятные значения.

(10)Р За исключением случаев, когда характеристики материалов или изделий устанавливаются на основе достоверной статистической информации, необходимо использовать консервативные значения частных коэффициентов.,

**ПРИМЕЧАНИЕ** В случае применения материалов или изделий с неизвестными свойствами следует выполнять соответствующие оценки.

#### **4.3 Геометрические размеры**

(1)Р Геометрические размеры следует принимать равными характеристическим значениям или (например, в случае дефектов) проектным значениям.

(2) Размеры, указанные в проекте, могут быть приняты как характеристические значения.

(3) При известном статистическом распределении допускается применять геометрические величины, которые соответствуют требуемому квантилю статистического распределения.

(4) Несовершенства конструктивных элементов, которые должны быть приняты во внимание, приведены в EN 1992 – EN 1999.

(5)Р Для соединяемых частей конструкций, которые выполнены из различных материалов, допустимые отклонения должны быть взаимно совместимыми.

## **5 РАСЧЕТ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ НА ОСНОВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ**

### **5.1 Расчет строительных конструкций**

#### **5.1.1 Расчетные модели сооружений**

(1)Р Расчеты следует выполнять с применением соответствующих расчетных моделей, учитывающих особенности сооружений и все значимые переменные.

(2) Принятые расчетные модели должны с достаточной точностью описывать поведение сооружений и соответствовать рассматриваемым предельным состояниям.

(3)Р Расчетные модели строительных конструкций должны соответствовать общепризнанной инженерной теории и практике. При необходимости, они могут обосновываться экспериментальными исследованиями.

#### **5.1.2 Статические воздействия**

(1)Р Модели статических воздействий должны основываться на соответствующем образом выбранных зависимостях «нагрузка–деформация», характеризующих поведение элементов сооружения и их соединений, а также взаимодействие конструкций с основанием.

(2)Р Границные условия, учитываемые в расчетной модели должны соответствовать фактическим условиям работы сооружения.

(3)Р В тех случаях, когда эффекты смещений и деформаций сооружения существенно увеличивают эффекты воздействия, их следует учитывать при проверке критических предельных состояний.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Специальные методы учета эффектов деформаций приведены в EN 1991 – EN 1999.

(4)Р Косвенные воздействия следует учитывать в расчете следующим образом:

– при линейно-упругом расчете – непосредственно или как эквивалентную нагрузку (с применением, при необходимости, соответствующих переходных коэффициентов);  
– в нелинейном расчете – непосредственно, как приложенные деформации.

### 5.1.3 Динамические воздействия

(1)Р Расчетная модель, используемая для определения эффектов воздействия, должна учитывать все значимые конструктивные элементы, их массы, жесткости и характеристики демпфирования, а также все значимые неконструктивные элементы с их свойствами.

(2)Р Границные условия, применяемые в расчетной модели должны соответствовать граничным условиям сооружения.

(3) В тех случаях, когда динамические воздействия рассматриваются как квазистатические, они могут характеризоваться значениями статических воздействий или учитываться посредством коэффициентов динамичности, применяемых к эффектам их статического действия.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Для определения коэффициентов динамичности могут потребоваться данные о частотах собственных колебаний.

(4) В случае взаимодействия сооружения с основанием, грунт основания допускается моделировать посредством соответствующих упругих элементов и демпферов.

(5) В определенных случаях (например, при колебаниях, вызванных ветровыми нагрузками и сейсмическими воздействиями) динамические расчеты допускается производить на основании модального анализа, в предположении о линейной работе материала и недеформированной схемы сооружения. Для сооружений с правильной геометрической формой и регулярным распределением масс и жесткостей, для которых существенна реакция только по основному тону колебаний, модальный анализ может быть заменен расчетом на эквивалентные статические нагрузки.

(6) Динамические воздействия, в соответствующих случаях, могут быть также выражены в виде функции времени или в частотной области, а реакции сооружения определены надлежащими методами.

(7) Если динамические воздействия вызывают колебания, которые по своей амплитуде или частоте превышают требования по эксплуатационной пригодности, следует выполнить расчетную проверку предельного состояния по эксплуатационной пригодности.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Соответствующие указания содержатся в Приложении А и EN 1992 – EN 1999.

### 5.1.4 Противопожарное проектирование

(1)Р При проектировании сооружений необходимо учитывать расчетные сценарии пожара (см. EN 1991-1-2), моделировать температурные воздействия на конструкции в пределах сооружения и применять соответствующие модели механических свойств конструкций при повышенной температуре.

(2) Требуемые эксплуатационные качества сооружения при воздействии пожара должны быть проверены посредством, либо общего расчета, либо расчета подсистем (субблоков) или элементов с использованием табличных данных или результатов испытаний.

(3) Поведение сооружения при воздействии пожара следует оценивать с учетом, либо:

- номинального огневого воздействия; или
- моделируемого огневого воздействия;

# **СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 EN 1990:2002+A1:2005(E)**

а также учитываемых совместно с сопутствующими воздействиями.

**ПРИМЕЧАНИЕ** См. также EN 1991-1-2.

(4) Поведение несущей конструкции при повышенных температурах должно оцениваться в соответствии с EN 1992 – EN 1996 и EN 1999, которые предоставляют модели температурных воздействий и расчетные модели строительных конструкций, необходимые для выполнения соответствующего расчета.

(5) В зависимости от вида материала и метода расчета:

- модели температурных воздействий могут основываться на допущениях об однородном или неоднородном распределении температуры по сечению и вдоль конструктивных элементов;
- расчеты могут быть ограничены анализом отдельных элементов или могут учитывать взаимодействия между элементами при огневом воздействии.

(6) При расчетах на повышенные температурные воздействия следует использовать нелинейные модели механического поведения конструктивных элементов.

**ПРИМЕЧАНИЕ** См. также EN 1991 – EN 1999.

## **5.2 Проектирование на основании результатов испытаний**

(1) Проектирование может основываться на комбинации результатов расчетов и испытаний.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Испытания могут быть необходимы при следующих обстоятельствах:

- при отсутствии адекватных расчетных моделей;
- при применении большого количества однотипных конструкций;
- для подтверждения посредством контрольных проверок допущений, принятых при проектировании; см. Приложение D.

(2) Проектирование с использованием результатов испытаний должно обеспечивать уровень надежности, требуемый для соответствующей расчетной ситуации. При этом следует принимать во внимание статистическую неопределенность, связанную с ограниченным числом испытаний.

(3) Частные коэффициенты (в том числе коэффициенты, учитывающие неопределенности модели) должны быть сопоставимы с коэффициентами, используемыми в EN 1991 – EN 1999.

# **6 ПРОВЕРКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЧАСТНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ**

## **6.1 Общие положения**

(1) При использовании метода частных коэффициентов необходимо удостовериться, что во всех значимых расчетных ситуациях, характеризуемых расчетными значениями воздействий, эффектами воздействий, а также сопротивлениями, принятыми в расчетных моделях, ни одно из возможных предельных состояний не превышено.

(2) Для выбранных расчетных ситуаций и значимых предельных состояний отдельные воздействия при критических случаях нагружений следует комбинировать в соответствии с правилами настоящего Раздела. Воздействия, которые не могут возникнуть одновременно, например, по физическим причинам, не следует рассматривать в комбинациях как совместные.

(3) Расчетные значения воздействий должны определяться на основании:

- их характеристических значений; или
- других репрезентативных значений в комбинации с частными и другими коэффициентами, указанными в этом Разделе и в EN 1991 – EN 1999.

(4) Расчетные значения допускается устанавливать непосредственным образом, принимая наиболее консервативные значения.

(5)Р Расчетные значения, определяемые непосредственно на основании статистических данных, должны обеспечивать для разных предельных состояний, как минимум, такую же степень надежности, что и при применении частных коэффициентов, указанных в настоящем стандарте.

## 6.2 Ограничения

(1) Правила, приведенные в EN 1990, ограничиваются проверками критических предельных состояний и предельных состояний по эксплуатационной пригодности сооружений, подверженных статическим воздействиям, включая случаи, когда динамические эффекты, включая ветровые нагрузки или нагрузки, связанные с режимами дорожного движения, оцениваются с применением эквивалентных квазистатических нагрузок и коэффициентов динамичности. Для нелинейных расчетов и расчетов на усталость следует применять специальные правила, приведенные в различных Частях EN 1991 – EN 1999.

## 6.3 Расчетные значения

### 6.3.1 Расчетные значения воздействий

(1) Расчетное значение  $F_d$  воздействия  $F$  может быть определено следующим образом:

$$F_d = \gamma F_{rep} \quad (6.1a)$$

при

$$F_{rep} = \psi F_k, \quad (6.1b)$$

где

$F_k$  – характеристическое значение воздействия;

$F_{rep}$  – репрезентативное значение воздействия;

$\gamma$  – частный коэффициент, учитывающий вероятность неблагоприятных отклонений значений воздействий от репрезентативных значений;

$\psi$  – принимает значения 1,00 или  $\psi_0$ ,  $\psi_1$  и  $\psi_2$ .

(2) Для сейсмических воздействий расчетное значение  $A_{Ed}$  должно определяться с учетом конструктивного поведения и других значимых критериев, детализированных в EN 1998.

### **6.3.2 Расчетные значения эффектов воздействий**

(1) Для каждого случая нагружения расчетные значения эффектов воздействий ( $E_d$ ) могут быть представлены следующим образом:

$$E_d = \gamma_{Sd} E \{ \gamma_{f,i} F_{rep,i} ; a_d \} \quad i \geq 1, \quad (6.2)$$

где  $a_d$  – расчетное значение геометрических размеров (см. 6.3.4);

- $\gamma_{Sd}$  – частный коэффициент, учитывающий неопределенности:  
– моделирования эффектов воздействий;  
– в некоторых случаях, моделирования воздействий.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В более общем случае эффекты воздействия зависят также от свойств материала.

(2) В большинстве случаев допускается следующее упрощение:

$$E_d = E \{ \gamma_{F,i} F_{rep,i} ; a_d \} \quad i \geq 1 \quad (6.2a)$$

при:

$$\gamma_{F,i} = \gamma_{Sd} \times \gamma_{f,i} \quad (6.2b)$$

**ПРИМЕЧАНИЕ** В некоторых случаях, например, при необходимости учета геотехнических воздействий, частные коэффициенты  $\gamma_{F,i}$  могут применяться для эффектов от каждого отдельного воздействия; для эффекта от комбинации воздействий, принятых с соответствующими частными коэффициентами, можно применять один частный коэффициент  $\gamma_F$ .

(3) В тех случаях, когда должно быть сделано различие между благоприятными и неблагоприятными эффектами постоянных воздействий, следует использовать два разных частных коэффициента  $\gamma_{G,inf}$  и  $\gamma_{G,sup}$ .

(4) При нелинейных расчетах (то есть, когда связь между воздействиями и их эффектами является нелинейной), для случая одного доминирующего воздействия допускается применять следующие упрощенные правила:

- когда эффект воздействия возрастает в большей степени, чем воздействие, то частный коэффициент  $\gamma_F$  применяется к репрезентативному значению воздействия;
- когда эффект воздействия возрастает в меньшей степени, чем воздействие, то частный коэффициент  $\gamma_F$  применяется к эффекту воздействия от репрезентативного значения воздействия.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Для большинства сооружений и конструктивных элементов, за исключением тросово-мембранных, применяется правило а).

(5) В тех случаях, когда в EN 1991 – EN 1999 подробно изложены более усовершенствованные методы (например, для конструкций с предварительным напряжением), то их преимущественно следует применять вместо 6.3.2(4).

### 6.3.3 Расчетные значения свойств материалов и изделий

(1) Расчетное значение показателя свойств материала или изделия  $X_d$  в общем случае можно выразить следующим образом:

$$X_d = \eta \frac{X_k}{\gamma_m}, \quad (6.3)$$

где

- $X_k$  – характеристическое значение свойств материала или изделия (см. 4.2 (3));
- $\eta$  среднее значение коэффициента конверсии, учитывающего:
  - эффекты объема и масштаба;
  - эффекты влажности и температуры;
  - другие значимые параметры;
- $\gamma_m$  частный коэффициент для свойств материала или изделия, учитывающий:
  - возможность неблагоприятных отклонений свойств материала или изделия от характеристического значения;
  - случайную составляющую коэффициента конверсии  $\eta$ .

(2) В соответствующих случаях, в качестве альтернативы, коэффициент  $\eta$  может:

- неявно учитываться при назначении характеристического значения; или
- быть учтен посредством применения  $\gamma_m$  вместо  $\gamma_m$  (см. Выражение (6.6b)).

ПРИМЕЧАНИЕ Расчетное значение можно определить:

- через эмпирическую зависимость с физическими свойствами; или
- с химическим составом; или
- на основании предшествующего опыта; или
- на основе значений, приведенных в Европейских стандартах и других соответствующих документах.

### 6.3.4 Расчетные значения геометрических размеров

(1) Расчетные значения геометрических размеров элементов конструкции, которые используются для определения эффектов воздействия или сопротивляемости, могут быть представлены их номинальными значениями:

$$a_d = a_{nom}. \quad (6.4)$$

(2) В тех случаях, когда эффекты отклонений геометрических размеров (например, обусловленные неточностями приложения нагрузки или в расположении опор) являются важными для оценки надежности сооружения (например, при учете эффектов второго рода), расчетные значения геометрических размеров следует устанавливать следующим образом:

$$\alpha_d = \alpha_{nom} \pm \Delta\alpha \quad (6.5)^*$$

где  $\Delta\alpha$  учитывает:

- возможность неблагоприятных отклонений от характеристических или номинальных значений;

– кумулятивный эффект одновременного присутствия нескольких геометрических отклонений.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Параметр  $a_d$  может также описывать геометрические несовершенства, при этом  $a_{nom} = 0$  (т. е.  $\Delta \neq 0$ ).

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Дополнительные положения для соответствующих случаев представлены в EN 1991 – EN 1999.

(3) Эффекты от других геометрических отклонений учитываются при помощи соответствующих частных коэффициентов:

- $\gamma_F$  – для воздействий; и/или
- $\gamma_M$  – для расчетных сопротивлений.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Допуски установлены в стандартах по возведению (строительству), на которые даны ссылки в EN1990 – EN 1999.

### **6.3.5 Расчетная сопротивляемость**

(1) Расчетное значение сопротивляемости  $R_d$  может быть выражено следующим образом:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} R \left\{ X_{d,i}; a_d \right\} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} R \left\{ \eta_i \frac{X_{k,i}}{\gamma_{m,i}}; a_d \right\} \quad i \geq 1, \quad (6.6)$$

где

- $\gamma_{Rd}$  – частный коэффициент, учитывающий неопределенности модели сопротивления и геометрические отклонения, если они явно не учтены в соответствии с 6.3.4 (2);
- $X_{d,i}$  – расчетное значение  $i$ -го показателя свойства материала.

(2) Выражение (6.6) может быть упрощено следующим образом:

$$R_d = R \left\{ \eta_i \frac{X_{k,i}}{\gamma_{M,i}}; a_d \right\} \quad i \geq 1, \quad (6.6a)$$

где

$$\gamma_{M,i} = \gamma_{Rd} \times \gamma_{m,i} \quad (6.6b)$$

**ПРИМЕЧАНИЕ** В  $\gamma_{M,i}$  может содержаться  $\eta_i$ ;  $\gamma_{M,i}$  может содержать в себе  $\eta_i$ ; см. 6.3.3(2).

(3) В качестве альтернативы Выражению (6.6а), значение расчетного сопротивления может определено непосредственно из характеристического значения сопротивления материала или изделия, без явного определения расчетных значений отдельных базисных переменных, применяя Выражение:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M} \quad (6.6c)$$

**ПРИМЕЧАНИЕ** Это Выражение применяется к изделиям или элементам, изготовленным из одного материала (например, стали) и используется взаимосвязанно с Приложением D.

(4) Как альтернатива Выражениям (6.6а) и (6.6с), для сооружений или их конструктивных элементов, при расчете которых используются нелинейные методы и которые выполнены из различных материалов, работающих совместно, или для случаев, когда свойства грунта основания учтены в расчетном сопротивлении, то для расчетного сопротивления может использоваться следующее Выражение:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{M,1}} R \left\{ \eta_1 X_{k,1}; \eta_i X_{k,i(i>1)} \frac{\gamma_{m,1}}{\gamma_{m,i}}; a_d \right\} \quad (6.6d)$$

**ПРИМЕЧАНИЕ** В некоторых случаях, расчетное сопротивление может быть определено непосредственно через частные коэффициенты безопасности  $\gamma_M$  для свойств материала.

## 6.4 Критические предельные состояния

### 6.4.1 Общие положения

(1)Р При проектировании сооружения необходимо проверять следующие значимые критические предельные состояния:

а) EQU: потеря статического равновесия сооружением или любой его части, рассматриваемых как жесткое тело, для которого:

- незначительные изменения значения или пространственного распределения постоянных воздействий одинакового происхождения, являются существенными; и

- прочность материалов конструкций или грунта основания, как правило, не являются определяющими;

б) STR: отказ по внутренней причине или в результате чрезмерных деформаций сооружения или его конструктивных элементов, включая фундаменты, сваи, стены подвалов и т.д., для которых прочность строительных материалов является определяющей;

с) GEO: отказ или чрезмерные деформации грунта оснований, для которых прочность грунтов или скальных формаций являются определяющими в обеспечении сопротивляемости;

д) FAT: Усталостное разрушение сооружения или конструктивных элементов.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Комбинации воздействий, которые учитываются при расчете на усталость, указаны в EN 1992 - EN 1995, EN 1998 и EN 1999.

е) UPL: Потеря устойчивости сооружением или грунтом основания в результате их подъема при давлении воды (возникновения выталкивающей силы, иначе – плавучести) или других вертикальных воздействий;

**ПРИМЕЧАНИЕ** См. EN 1997.

ж) HYD: Гидравлический подъем, внутренняя эрозия и суффозия (сосредоточенная фильтрация) в грунте, обусловленная гидравлическими градиентами.

**ПРИМЕЧАНИЕ** См. EN 1997.

(2)Р На расчетные значения воздействий распространяется Приложение А.

### 6.4.2 Проверки статического равновесия и сопротивляемости

(1)Р При проверке предельного состояния статического равновесия сооружения (EQU) должно проверяться условие:

$$E_{d,dst} \leq R_{d,stb}, \quad (6.7)$$

где

$E_{d,dst}$  – расчетное значение эффекта дестабилизирующих воздействий;

$R_{d,stb}$  – расчетное значение эффекта стабилизирующих воздействий.

(2) При необходимости Выражение для проверки предельного состояния статического равновесия может включать в себя дополнительные члены как, например, коэффициент трения между жесткими телами.

(3)Р При рассмотрении предельного состояния (STR и/или GEO), связанного с разрушением или чрезмерной деформацией поперечного сечения элемента или соединения, должно быть проверено что:

$$E_d \leq R_d, \quad (6.8)$$

где

$E_d$  – расчетное значение эффекта воздействий, например, внутреннего усилия, момента, которые могут рассматриваться как векторные величины, представляющие несколько внутренних усилий или моментов;

$R_d$  – соответствующее расчетное значение сопротивляемости.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Сведения о STR и GEO приведены в Приложении А.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Выражение (6.8) не охватывает все случаи проверки устойчивости, например, случаи, связанные с эффектами второго порядка; см. EN 1992 – EN 1999.

#### **6.4.3 Комбинации воздействий (исключая проверки на усталость)**

##### **6.4.3.1 Общие положения**

(1)Р Расчетные значения эффектов воздействий ( $E_d$ ) следует определять, комбинируя значения одновременных воздействий.

(2) Каждая комбинация воздействий должна включать:

- доминирующее переменное воздействие, или
- аварийное воздействие.

(3) Комбинации воздействий следует принимать согласно 6.4.3.2 – 6.4.3.4.

(4)Р В тех случаях, когда сооружение очень чувствительно к пространственному распределению постоянных воздействий, то неблагоприятные и благоприятные части этого воздействия должны рассматриваться как отдельные воздействия.

ПРИМЕЧАНИЕ Это, прежде всего, относится к проверкам статического равновесия и аналогичных предельных состояний, см. 6.4.2(2).

(5) В тех случаях, когда, несколько эффектов одного воздействия (например, изгибающий момент и нормальное усилие, обусловленные собственным весом) полностью не коррелированы, то частный коэффициент, соответствующий его любой благоприятной компоненте, может быть уменьшен.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Дополнительные указания приведены в положениях EN 1992 – EN 1999 о векторных эффектах.

(6) В соответствующих случаях следует учитывать приложенные деформации.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Дополнительные руководящие указания см. в 5.1.2(4)Р и EN 1992 – EN 1999.

#### **6.4.3.2 Комбинации воздействий для постоянных или переходных расчетных ситуаций (основные комбинации)**

(1) В общем виде эффекты воздействий должны быть представлены следующим образом:

$$E_d = \gamma_{sd} E \{ \gamma_{g,j} G_{k,j} ; \gamma_p P ; \gamma_{q,1} Q_{k,1} ; \gamma_{q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (6.9a)$$

(2) Комбинация эффектов воздействий, подлежащих рассмотрению, должна включать в себя:

- расчетное значение доминирующего переменного воздействия, и
- расчетные значения комбинации сопутствующих переменных воздействий.

**ПРИМЕЧАНИЕ** См. также 6.4.3.2(4).

$$E_d = E \{ \gamma_{G,j} G_{k,j} ; \gamma_p P ; \gamma_{Q,1} Q_{k,1} ; \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (6.9b)$$

(3) Комбинация воздействий в скобках { }, указанная в (6.9b) может быть выражена следующим образом:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10)$$

или, в качестве альтернативы для предельных состояний STR и GEO, как одно из двух следующих Выражений, реализующих менее благоприятное состояние:

$$\left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right\} \quad (6.10a)$$

$$\left\{ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right\} \quad (6.10b)$$

где

" + " – «должен комбинироваться с»;

$\sum$  – «комбинированный эффект от»;

$\xi$  – коэффициент редукции для неблагоприятных постоянных воздействий  $G$ .

**ПРИМЕЧАНИЕ** Дополнительная информация для этого случая приведена в Приложении А.

(4) Если зависимость между воздействиями и их эффектами нелинейная, то Выражения (6.9a) или (6.9b) должны применяться непосредственно, в зависимости от относительного увеличения эффектов воздействий по сравнению с увеличением величин воздействий (см. также 6.3.2. (4)).

#### **6.4.3.3 Комбинации воздействий для аварийных расчетных ситуаций**

(1) В общем случае эффект воздействий определяется следующим Выражением:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; A_d; (\psi_{1,1} \text{ или } \psi_{2,1})Q_{k,1}; \psi_{2,i}Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1. \quad (6.11a)$$

(2) Комбинация воздействий в скобках {} может быть выражена следующим образом:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ или } \psi_{2,1})Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i}Q_{k,i} \quad (6.11b)$$

(3) Выбор между  $\psi_{1,1}Q_{k1}$  и  $\psi_{2,1}Q_{k1}$  зависит от рассматриваемой аварийной расчетной ситуации (удар, пожар или сохранение жизни людей после аварийного события или ситуации).

ПРИМЕЧАНИЕ Необходимые указания приводятся в соответствующих Частях EN 1991 - EN 1999.

(4) Комбинации воздействий для аварийных расчетных ситуаций должна содержать в себе, либо:

- явное аварийное воздействие  $A$  (пожар или удар); или
- относиться к ситуации после аварийного события ( $A = 0$ ).

Для пожароопасных ситуаций, помимо влияния температурного эффекта на свойства материалов, расчетное воздействие  $A_d$  должно учитывать расчетное значение косвенных эффектов термического (теплового) воздействия при пожаре.

#### 6.4.3.4 Комбинации воздействий для сейсмических расчетных ситуаций

(1) Для рассматриваемой расчетной ситуации эффект воздействий должен быть представлен в следующем общем виде:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; A_{Ed}; (\psi_{2,i}Q_{k,i})\} \quad j \geq 1; i > 1. \quad (6.12a)$$

(2) Комбинация воздействий, указанная в скобках {}, может быть представлена следующим образом:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i}Q_{k,i} \quad (6.12b)$$

#### 6.4.4 Частные коэффициенты для воздействий и комбинаций воздействий

(1) Значения коэффициентов  $\gamma$  и  $\psi$  следует принимать в соответствии с EN 1991 и Приложением А1.

#### 6.4.5 Частные коэффициенты для материалов и изделий

(1) Частные коэффициенты для свойств материалов и изделий см. EN 1992 – EN 1999.

### 6.5 Предельные состояния по эксплуатационной пригодности

#### 6.5.1 Проверки

(1) Следует проверить, что:

$$E_d \leq C_d, \quad (6.13)$$

где

$C_d$  – предельное расчетное значение соответствующего критерия эксплуатационной пригодности;

$E_d$  – расчетное значение эффектов от сочетаемых воздействий, учитываемых при проверке эксплуатационной пригодности.

### 6.5.2 Критерии эксплуатационной пригодности

(1) Деформации, которые должны быть приняты во внимание при проверке требований по обеспечению эксплуатационной пригодности, следует принимать в соответствии с указаниями Приложения А, исходя из типа сооружения, или же они должны быть согласованы с заказчиком или с национальным полномочным органом.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Другие специфичные критерии эксплуатационной пригодности, такие как ширина трещин, предельные напряжения и деформации, сопротивление скольжению, установлены в EN 1991 – EN 1999.

### 6.5.3 Комбинации воздействий

(1) Комбинации воздействий, учитываемые в значимых расчетных ситуациях, должны согласовываться с требованиями к эксплуатационной пригодности и соответствовать критериям эксплуатационной пригодности.

(2) Комбинации воздействий для предельных состояний по эксплуатационной пригодности определяются следующим образом (см., также, 6.5.4):

**ПРИМЕЧАНИЕ** Предполагается, что в этих выражениях все частные коэффициенты равны единице. См. Приложение А и EN 1991 – EN 1999.

a) Характеристическая комбинация:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; Q_{k,1}; \psi_{0,i}Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (6.14a)$$

в которой комбинация воздействий в скобках {} (называемая характеристической комбинацией) имеет вид:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.14b)$$

**ПРИМЕЧАНИЕ** Характеристическая комбинация применяется, как правило, для необратимых предельных состояний.

b) Частая комбинация:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; \psi_{1,1}Q_{k,1}; \psi_{2,i}Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1, \quad (6.15a)$$

в которой комбинация воздействий в скобках {} (называемая частой комбинацией) может быть выражена следующим образом:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1}Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}. \quad (6.15b)$$

**ПРИМЕЧАНИЕ** Частая комбинация применяется, как правило, для обратимых предельных состояний.

с) Квазипостоянная комбинация:

$$E_d = E\{G_{k,j} ; P ; \psi_{2,i} Q_{k,i}\}; \quad j \geq 1; i \geq 1, \quad (6.16a)$$

в которой комбинация воздействий в скобках { } (называемая квазипостоянной комбинацией) может быть выражена следующим образом:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}, \quad (6.16b)$$

где обозначения соответствуют указанным в 1.6. и 6.4.3(1).

**ПРИМЕЧАНИЕ** Квазипостоянная комбинация, как правило, применяется для учета длительных эффектов и оценки внешнего вида сооружения.

(3) Репрезентативные значения предварительного напряжения ( $P_k$  или  $P_m$ ) указаны в соответствующих Еврокодах для рассматриваемых типов пред напряжения.

(4) При необходимости должны быть рассмотрены эффекты воздействий, обусловленные приложенными деформациями.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В некоторых случаях Выражения (6.14) - (6.16) требуют уточнения. Подробные правила приведены в соответствующих Частиах EN 1991 - EN 1999.

#### **6.5.4 Частные коэффициенты для материалов**

(1) Для предельных состояний по эксплуатационной пригодности частные коэффициенты  $\gamma_m$  для материалов должны быть приняты равными 1,0, если в EN 1992 – EN 1999 не установлены их другие значения.

**Приложение А1**  
*(обязательное)*

**Применение для зданий**

**A1.1 Область применения**

(1) Настоящее Приложение А1 содержит правила и методы комбинирования воздействий для зданий. В Приложении приведены рекомендуемые значения постоянных, переменных и аварийных воздействий, а также и коэффициентов  $\psi$ , которые должны применяться при проектировании зданий.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В Национальном Приложении допускается устанавливать другое руководство по применению Таблицы 2.1 (расчетный срок эксплуатации).

**A1.2 Комбинации воздействий**

**A1.2.1 Общие положения**

(1) Эффекты воздействий, которые по физическим или функциональным причинам не могут действовать одновременно, не должны рассматриваться совместно в комбинациях воздействий.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** В зависимости от назначения, вида и месторасположения зданий, комбинации воздействий могут включать не более двух переменных воздействий.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Если по географическим причинам правила A1.2.1(2) и A1.2.1(3) требуют уточнений, то эти уточнения допускается устанавливать в Национальном Приложении.

(2) Комбинации воздействий, указанные в Выражениях (6.9a) – (6.12b) следует применять при проверках критических предельных состояний.

(3) Комбинации воздействий, указанные в Выражениях (6.14a) – (6.16b) следует применять при проверках предельных состояний по эксплуатационной пригодности.

(4) Комбинации воздействий, которые содержат усилия предварительного напряжения, следует применять согласно данным, приведенным в EN 1992 – EN 1999.

**A1.2.2 Значения коэффициентов  $\psi$**

(1) Для коэффициентов  $\psi$  следует устанавливать численные значения.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Рекомендуемые значения коэффициентов  $\psi$  для наиболее распространенных воздействий, содержатся в Таблице А1.1. Значения коэффициентов  $\psi$  для воздействий, приходящихся на здание в процессе строительства, приведены в EN 1991-1-6 и Приложении А1 к нему.

**Таблица А1.1 – Рекомендуемые значения коэффициентов  $\psi$  для зданий**

Воздействия	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Приложенные нагрузки в зданиях, категории (см. EN 1991-1-1):			
Категория А: бытовые, жилые зоны	0,7	0,5	0,3
Категория В: офисные площади	0,7	0,5	0,3
Категория С: зоны для собраний	0,7	0,7	0,6
Категория D: торговые площади	0,7	0,7	0,6
Категория Е: складские площади	1,0	0,9	0,8
Категория F: зоны дорожного движения для транспортных средств весом $\leq 30$ кН	0,7	0,7	0,6
Категория G: зоны дорожного движения для транспортных средств весом от 30 кН до 160 кН	0,7	0,5	0,3
Категория H: покрытия (крыши)	0	0	0
Снеговые нагрузки на здания (см. EN 1991-1-3)*:			
Финляндия, Исландия, Норвегия, Швеция	0,7	0,5	0,2
Для районов в других странах-членах СЕN, находящихся на высоте $H > 1000$ м над уровнем моря	0,7	0,5	0,2
Для районов в других странах-членах СЕN, находящихся на высоте $H \leq 1000$ м над уровнем моря	0,5	0,2	0
Ветровые нагрузки на здания (см. EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Температурные воздействия (исключая пожары) на здания (см. EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
ПРИМЕЧАНИЕ Значения коэффициентов $\psi$ могут быть установлены в Национальном Приложении.			
* Для неуказанных стран необходимо учитывать местные условия.			

### A1.3 Критические предельные состояния

#### A1.3.1 Расчетные значения воздействий для постоянных и переходных расчетных ситуаций

(1) Расчетные значения воздействий для критических предельных состояний при постоянных и переходных расчетных ситуациях (Выражения 6.9a – 6.10b) должны быть приняты в соответствии с Таблицами А1.2(А) – А1.2(С).

ПРИМЕЧАНИЕ Значения, приведенные в Таблицах А1.2(А) – А1.2(С), допускается уточнять, например, для различных уровней надежности в Национальном Приложении (см. Раздел 2 и Приложение В).

(2) В случаях, когда предельное состояние чувствительно к изменениям величин постоянных воздействий, следует использовать их верхние и нижние характеристические значения из Таблиц А1.2 А – А1.2 С в соответствии с 4.1.2 (2)Р.

(3) Статическое равновесие (EQU, см. 6.4.1) для конструкций здания должно быть проверено с использованием расчетных значений воздействий из Таблицы A1.2(А).

(4) Расчет конструктивных элементов (STR, см. 6.4.1), при котором не учитываются геотехнические воздействия, должен быть выполнен с использованием расчетных значений воздействий из Таблицы A1.2(В).

(5) Расчет конструктивных элементов (фундаментов, свай, стен подвалов и т.д.) (STR), для которых необходимо принимать во внимание геотехнические воздействия и сопротивление грунта (GEO, см. 6.4.1), должен быть выполнен с использованием одного из следующих трех подходов и с учетом дополнений, приведенных в EN 1997, для геотехнических воздействий и сопротивлений:

– Подход 1: предполагает выполнение двух независимых расчетных проверок, в первой из которых расчетные значения геотехнических и других воздействий на сооружение или от сооружения принимают по Таблице A1.4(С), а во второй – по Таблице A1.4(В). В общих случаях, размеры фундаментов регулируются данными Таблицы A1.2(С), а сопротивляемость – данными Таблицы A1.2(В);

**ПРИМЕЧАНИЕ** В некоторых случаях применение этого подхода является наиболее сложным; см. EN 1997.

– Подход 2: Значения расчетных нагрузок по Таблице A1.2(В) используются как для геотехнических, так и для других воздействий, передаваемых на сооружение или от сооружения.

– Подход 3: Значения расчетных нагрузок по в Таблице A1.2(С), используются для геотехнических воздействий, и одновременно, с учетом частных коэффициентов из Таблицы A1.2(В), для других воздействий на сооружение или от сооружения

**ПРИМЕЧАНИЕ** Применение одного из трех подходов регламентируется в Национальном Приложении.

(6) Общая устойчивость здания (например, устойчивость склона, на котором расположено здание) должна проверяться в соответствии с положениями EN 1997.

(7) Критические предельные состояния HYD и ULP (например, для конструкций здания на дне котлована) должны быть проверены в соответствии с EN 1997.

### **A1.3.2 Расчетные значения воздействий для аварийных и сейсмических расчетных ситуаций**

(1) Коэффициенты безопасности для критических предельных состояний для аварийных и сейсмических расчетных ситуаций (Формулы 6.11а и 6.12б) должны приниматься равными 1,0. Значения коэффициентов  $\psi$  указаны в Таблице А1.1.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В отношении сейсмической расчетной ситуации – см. также EN 1998.

**Таблица А1.2(А) – Расчетные значения воздействий (EQU) (группа А)**

Постоянная и переходная расчетные ситуации	Постоянные воздействия		Доминирующее переменное воздействие*	Сопутствующие переменные воздействия	
	неблагоприятные	благоприятные		основные (при наличии)	прочие
Формула (6.10)	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Значения коэффициента  $\gamma$  могут быть установлены в Национальном Приложении. Рекомендуются следующие значения  $\gamma$ :

$$\gamma_{G,j,sup} = 1,10;$$

$$\gamma_{G,j,inf} = 0,90;$$

$\gamma_{Q,1} = 1,50$  – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии);

$\gamma_{Q,i} = 1,50$  – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии).

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** В случаях, когда проверка статического равновесия учитывает также сопротивление конструктивных элементов, в качестве альтернативы для двух отдельных проверок, основанных на данных Таблиц А1.2(А) и А1.2(В), допускается, если это разрешено Национальным Приложением, выполнять комбинированную проверку, основывающуюся на данных Таблицы А1.2(А). При этом рекомендуются следующие значения частных коэффициентов, которые допускается изменить в Национальном Приложении.

$$\gamma_{G,j,sup} = 1,35;$$

$$\gamma_{G,j,inf} = 1,15;$$

$\gamma_{Q,1} = 1,50$  – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии);

$\gamma_{Q,i} = 1,50$  – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии).

Должно соблюдаться условие, что применение значения  $\gamma_{G,j,inf} = 1,0$ , как к благоприятной части, так и к неблагоприятной части постоянного воздействия, не приводит к более неблагоприятному эффекту.

---

\* Переменные воздействия указаны в Таблице А1.1.

**Таблица А1.2(В) – Расчетные значения воздействий STR/GEO (группа В)**

Постоянная и переходная расчетные ситуации	Постоянное воздействия		Доминирующее переменное воздействие*		Сопутствующие переменные воздействия*		Доминирующее переменное воздействие*	Сопутствующие переменные воздействия*				
	неблагоприятные	благоприятные	воздействие	основные (при наличии)	прочие	ситуации	неблагоприятные	благоприятные	воздействие	воздействие	основные	прочие
Формула (6.10)	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$		Формула (6.10a)	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
						Формула (6.10b)	$\xi \gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$				

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Выбор между Формулами (6.10) или (6.10a) и (6.10b) указывается в Национальном Приложении. В случае применения Формул (6.10a) и (6.10b) в Национальном Приложении допускается изменение Формулы (6.10a) таким образом, чтобы учитывались только постоянные воздействия.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Значения частных коэффициентов  $\gamma$  и коэффициентов  $\xi$  могут быть установлены в Национальном Приложении. При применении Формул (6.10), или (6.10a) и (6.10b) рекомендованы следующие значения  $\gamma$  и  $\xi$ :

$$\gamma_{G,j,sup} = 1,35;$$

$$\gamma_{G,j,inf} = 1,00;$$

$\gamma_{Q,1} = 1,50$  – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии);  
 $\gamma_{Q,i} = 1,50$  – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии).

$$\xi = 0,85 \text{ (чтобы } \xi \gamma_{G,j,sup} = 0,85 \cdot 1,35 \approx 1,15).$$

Частные коэффициенты  $\gamma$  для приложенных деформаций приведены в EN 1991 – EN 1999.

**ПРИМЕЧАНИЕ 3** Характеристические значения всех однотипных постоянных воздействий, рассматриваемых как единая нагрузка, умножаются на  $\gamma_{G,sup}$ , если их общий результирующий эффект воздействия является неблагоприятным, и на  $\gamma_{G,inf}$ , если их результирующий эффект воздействия является благоприятным. Например, все воздействия от собственного веса сооружения могут рассматриваться как исходящие от одного источника; это также применимо, если конструкции включают в себя различные материалы..

**ПРИМЕЧАНИЕ 4** В подробных проверках значения коэффициентов  $\gamma_g$  и  $\gamma_Q$  могут подразделяться на коэффициенты  $\gamma_g$  и  $\gamma_Q$  и коэффициент неопределенности модели  $\gamma_u$ . Значение  $\gamma_u$  в диапазоне 1,05 – 1,15 может применяться в наиболее распространенных случаях и может быть изменено в Национальном Приложении.

\* Переменные воздействия указаны в Таблице А1.1.

**Таблица А1.2(С) – Расчетные значения воздействий (SRT/GEO) (группа С)**

Постоянная и переходная расчетные ситуации	Постоянные воздействия		Доминирующее переменное воздействие*	Сопутствующие переменные воздействия*	
	неблагоприятные	благоприятные		основные (при наличии)	прочие
(Формула 6.10)	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
<p><b>ПРИМЕЧАНИЕ</b> Значения <math>\gamma</math> может быть установлено в Национальном Приложении. Рекомендуются следующие значения <math>\gamma</math>:</p> <p><math>\gamma_{G,j,sup} = 1,00</math>;  <math>\gamma_{G,j,inf} = 1,00</math>;  <math>\gamma_{Q,1} = 1,30</math> – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии);  <math>\gamma_{Q,i} = 1,30</math> – при неблагоприятном воздействии (0 – при благоприятном воздействии).</p>					
<p>* Переменные воздействия указаны в Таблице А1.1.</p>					

**Таблица А1.3 – Расчетные значения воздействий для аварийных и сейсмических расчетных ситуаций**

Расчетная ситуация	Постоянные воздействия		Доминирующее аварийное или сейсмическое воздействие	Сопутствующие переменные воздействия**	
	неблагоприятные	благоприятные		основные (при наличии)	прочие
Аварийная* (Формула (6.11a/b))	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	$A_d$	$\psi_{1,1}$ или $\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Сейсмическая (Формула (6.12a/b))	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	$A_{Ed} = \gamma A_{Ek}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$	

\* Для аварийных расчетных ситуаций, главное (доминирующее) переменное воздействие может быть принято с его частым значением или, как для сейсмических расчетных ситуаций, со значением, соответствующим квазипостоянному воздействию. Выбор между этими двумя подходами должен быть сделан в Национальном Приложении в зависимости от рассматриваемого аварийного воздействия. См. также EN 1991-1-2.

\*\* Переменные воздействия указаны в Таблице А1.1.

#### **A1.4 Предельные состояния по эксплуатационной пригодности**

##### **A1.4.1 Частные коэффициенты для воздействий**

(1) Если в EN 1991 – EN 1999 не установлено иное, то для предельного состояния по эксплуатационной пригодности частные коэффициенты для воздействий следует принимать равными 1,0.

**Таблица А1.4 – Расчетные значения воздействий, применяемые в комбинациях воздействий**

Комбинация	Постоянные воздействия $G_d$		Переменные воздействия $Q_d$	
	неблагоприятные	благоприятные	доминирующие	прочие
Характеристическая	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	$Q_{k,1}$	$\psi_{0,i} Q_{k,i}$
Частая	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Квазипостоянная	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$

#### A1.4.2 Критерии эксплуатационной пригодности

(1) Предельные состояния по эксплуатационной пригодности зданий должны определяться критериями, связанными, например, с жесткостями перекрытий, с перекосами этажей, с разницей в уровнях смежных перекрытий, с колебаниями (раскачиваниями) отдельных частей зданий или зданий в целом и с жесткостью покрытий (крыш). Критерии жесткости могут быть выражены в виде ограничений на вертикальные отклонения или колебания. Критерии раскачиваний могут быть выражены в виде ограничений на горизонтальные отклонения.

(2) Критерии эксплуатационной пригодности следует устанавливать для каждого проекта и согласовывать с заказчиком.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Критерии эксплуатационной пригодности допускается устанавливать в Национальном Приложении.

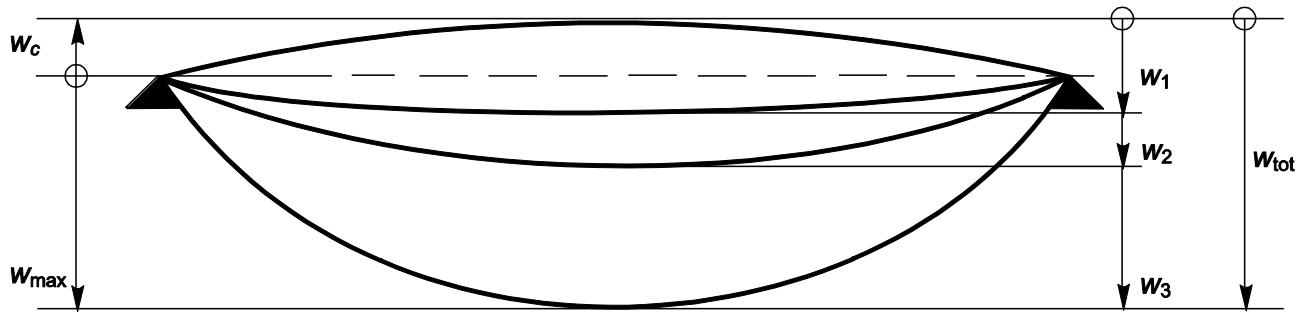
(3)Р Критерии эксплуатационной пригодности по деформациям и колебаниям следует устанавливать:

- в зависимости от предполагаемого функционального назначения здания;
- с учетом требований по эксплуатационной пригодности, в соответствии с 3.4;
- независимо от материалов, используемых для опорных конструктивных элементов.

#### A1.4.3 Деформации и горизонтальные перемещения

(1) Вертикальные и горизонтальные деформации должны рассчитываться в соответствии с требованиями Еврокодов EN 1992 – EN 1999 для соответствующих комбинаций воздействий согласно Выражениям 6.14a – 6.16b, принимая во внимание требования эксплуатационной пригодности, приведенные в 3.4(1). Особое внимание необходимо уделить различию между обратимыми и необратимыми предельными состояниями.

(2) Вертикальные составляющие полного прогиба схематично показаны на Рисунке А1.1.



**Рисунок А1.1 – Определения вертикальных прогибов**

Условные обозначения:

$w_c$  – предварительный выгиб (строительный подъем) в ненагруженном конструктивном элементе;

$w_1$  – начальная часть прогиба от постоянной нагрузки при значимых комбинациях воздействий, определяемых по Выражениям (6.14a) – (6.14 b);

$w_2$  – часть прогиба от длительного действия постоянной нагрузки;

$w_3$  – дополнительная часть прогиба, обусловленная переменными воздействиями при значимых комбинациях воздействий, определяемых по Выражениям (6.14a) – (6.14 b);

$w_{tot}$  – общий прогиб как сумма  $w_1$ ,  $w_2$  и  $w_3$ ;

$w_{max}$  – остаточный полный прогиб с учетом выгиба (строительного подъема).

(3) Прогибы конструкции, способные нарушить ее функционирование или отделку или вызвать повреждения неконструктивных элементов (например, перегородок, облицовки) следует проверять, принимая во внимание те эффекты от постоянных и переменных воздействий, которые возникают после выполнения соответствующих элементов или отделки.

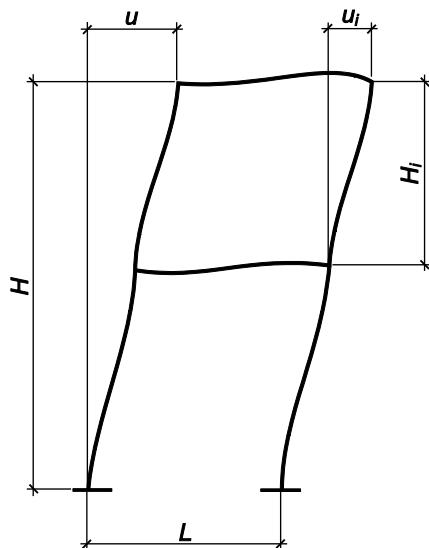
**ПРИМЕЧАНИЕ** Указания по применению Формул (6.14a) – (6.16b) приведены в 6.5.3 и EN 1992 – EN 1999.

(4) При проверке критериев, связанных с внешним видом здания, необходимо использовать квазипостоянные комбинации (Выражение 6.16b).

(5) При проверке критериев, связанных с условиями комфорта или функционированием инженерных систем, необходимо принимать во внимание эффекты значимых переменных воздействий.

(6) Деформации, связанные с длительной усадкой, релаксацией или ползучестью, в необходимых случаях следует рассматривать и рассчитывать с учетом эффектов постоянных воздействий и квазипостоянных значений переменных воздействий.

(7) Горизонтальные перемещения (смещения) схематично показаны на Рисунке А1.2.



**Рисунок А1.2 – Определение горизонтальных перемещений**

Условные обозначения:

- $u$  – общее горизонтальное перемещение по высоте здания  $H$ ;
- $u_i$  – горизонтальное перемещение (перекос) по высоте этажа  $H_i$ .

#### A1.4.4 Вибрации

(1) Для достижения удовлетворительного поведения зданий и их конструктивных элементов при вибрациях должны быть рассмотрены следующие аспекты, определяющие условия эксплуатационной пригодности:

а) комфорт пользователей;

б) функциональная сохранность сооружения или его конструктивных элементов (например, трещины в перегородках, повреждения облицовки фасада, чувствительность содержимого здания к вибрациям).

Другие факторы следует рассматривать и согласовывать с заказчиком в каждом индивидуальном случае.

(2) Для того, что бы при вибрационных воздействиях не было превышено предельное состояние сооружения или его конструктивного элемента по эксплуатационной пригодности, частота собственных колебаний сооружения или его элемента должна быть выше установленных значений частот. Установленные значения частот, зависящие от функционального назначения здания и источника вибраций, должны быть согласованы с заказчиком и/или компетентным органом.

(3) Если частота собственных колебаний сооружения или конструктивного элемента ниже установленного значения, то необходимо провести более точный анализ динамической реакции сооружения, в том числе, с учетом его диссипативных свойств.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Дополнительные указания приведены в EN 1991-1-1, EN 1991-1-4 и ISO 10137.

(4) Возможными источниками вибраций могут являться бег или синхронизированные движения людей, работа машин и механизмов, движение транспорта или ветровые воздействия. Эти, а также другие источники вибраций должны быть установлены для каждого проекта и согласованы с заказчиком.

**Приложение A2  
(обязательное)**

**Применение для мостов**

**A2.1 Область применения**

(1) Настоящее Приложение A2 к EN 1990 устанавливает правила и методы определения комбинаций воздействий для проверки предельных состояний по эксплуатационной пригодности и критических предельных состояний (кроме проверок на усталость) с применением рекомендуемых расчетных значений постоянных, переменных и аварийных воздействий, а также коэффициентов  $\psi$ , используемых при расчете для автодорожных, железнодорожных и пешеходных мостов. Приложение распространяется также на воздействия, возникающие при производстве строительных работ (в процессе возведения). В приложении также даны методы и правила проверок некоторых предельных состояний по эксплуатационной пригодности, не зависящих от вида применяемых материалов.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Применяемые символы, обозначения, модели и группы нагрузок и их определения указаны в соответствующем Разделе EN 1991-2.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Символы, обозначения и модели строительных нагрузок соответствуют определениям, установленным в EN 1991-1-6.

**ПРИМЕЧАНИЕ 3** В Национальном Приложении могут быть указаны положения по применению Таблицы 2.1 (расчетный срок эксплуатации).

**ПРИМЕЧАНИЕ 4** Для исключения необязательных сложных расчетов большинство правил определения комбинаций воздействий в пунктах A2.2.2 – A2.2.5 упрощено. Они могут быть изменены, как это указано в пунктах A2.2.1 – A2.2.5, в Национальном Приложении или при применении для конкретного проекта.

**ПРИМЕЧАНИЕ 5** В Приложении A2 к EN 1990 не содержатся правила по определению воздействий на опоры (сил и моментов) и перемещений опор, а также не указываются правила расчета мостов при учете воздействий, обусловленных деформациями грунтов в результате их взаимодействия с сооружением и зависящих от перемещений и деформаций опор.

(2) Правила, указанные в настоящем Приложении A2 к EN 1990, могут быть недостаточными для:

- мостов, которые не рассматриваются в EN 1991-2 (например, мосты под взлетно-посадочными полосами самолетов, механически-раздвижные мосты, крытые мосты, наплавные мосты на водных путях и т.д.);

- мостов с одновременным движением автомобильного и железнодорожного транспорта;

- других гражданских инженерных сооружений, несущих нагрузки, связанные с дорожным движением (например, конструкций подпорных стен, при действии на них нагрузок от транспорта).

## A2.2 Комбинации воздействий

### A2.2.1 Общие положения

(1) Эффекты воздействий, которые по физическим или функциональным причинам не могут возникать одновременно, не должны рассматриваться совместно в комбинации воздействий.

(2) Комбинации воздействий, на которые не распространяется область применения EN 1991 (например, осадки грунта на подрабатываемых территориях, особые влияния ветра, воды, дрейфующих материалов, наводнений, селевых потоков (оползней) и снежных лавин, пожаров и давления льда), следует определять отдельно в соответствии с EN 1990, 1.1(3).

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Комбинации, касающиеся воздействий, которые выходят за рамки EN 1991, могут быть определены, либо в Национальном Приложении, либо в рамках конкретного проекта.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 В отношении сейсмических воздействий, см. EN 1998.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 В отношении воздействий от потоков воды или дрейфующих материалов см. в EN 1991-1-6.

(3) При проверке критических предельных состояний следует применять комбинации воздействий, приведенные в Выражениях (6.9a) – (6.12b).

ПРИМЕЧАНИЕ Выражения (6.9a) – (6.12b) не применяют для проверки предельных состояний в результате усталостных явлений. Расчетные положения по обеспечению усталостной прочности даны в EN 1991 – EN 1999.

(4) При проверке предельных состояний по эксплуатационной пригодности, следует применять комбинации воздействий, приведенных в Выражениях (6.14a) – (6.16b). Дополнительные правила для проверок, связанных с деформациями и вибрациями, даны в А2.4.

(5) При необходимости, переменные воздействия, связанные с режимами дорожного движения, следует учитывать одновременно друг с другом, согласно соответствующим Разделам EN 1991-2.

(6)Р Следует учитывать значимые расчетные ситуации в процессе строительства.

(7)Р Следует учитывать значимые расчетные ситуации при поэтапной сдаче моста в эксплуатацию.

(8) При необходимости в некоторых комбинациях воздействий следует одновременно учитывать заслуживающие особого внимания строительные нагрузки, возникающие в процессе строительства.

ПРИМЕЧАНИЕ В комбинациях воздействий не учитывается одновременность действия нагрузок, возникающих в процессе строительства, если эта одновременность исключена соответствующими контролирующими мероприятиями.

(9)Р Для любой комбинации переменных воздействий, связанных с режимами дорожного движения, с другими переменными воздействиями, указанными в других Частих EN 1991, любая группа нагрузок, как это определено в EN 1991-2, должна быть принята во внимание, как одно переменное воздействие.

**СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011  
EN 1990:2002+A1:2005(E)**

(10) Снеговые нагрузки и воздействия ветра не следует комбинировать с нагрузками  $Q_{ca}$ , возникающими при производстве строительных работ (например, нагрузками от производственного персонала).

**ПРИМЕЧАНИЕ** Для некоторых переходных расчетных ситуаций, соответствующих конкретному проекту, может потребоваться учет одновременного действия снеговых и ветровых нагрузок с нагрузками, возникающими при производстве работ (например, в случае использования тяжелого механизма или крана). См. также EN 1991-1-3, EN 1991-1-4 и EN 1991-1-6.

(11) При определенных обстоятельствах, воздействия, возникающие при производстве работ, следует комбинировать с температурными и гидростатическими воздействиями. При установлении таких комбинаций следует учитывать разные параметры этих воздействий.

(12) Учет воздействия от предварительного напряжения в комбинации воздействий должен соответствовать A2.3.1(8) и EN 1992 – EN 1999.

(13) Влияния неравномерных осадок учитывают в том случае, если они существенны по сравнению с прямыми воздействиями.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Ограничения общих и неравномерных осадок можно устанавливать для конкретного проекта.

(14) Если сооружение очень чувствительно к неравномерным осадкам, то следует принимать во внимание неопределенности в оценках этих осадок.

(15) Неравномерные осадки сооружения, вследствие оседания грунта, должны быть классифицированы как постоянное воздействие  $G_{set}$  и включено в комбинации для проверок критических предельных состояний и предельных состояний по эксплуатационной пригодности сооружения. Значение  $G_{set}$  определяют как группу значений, которые соответствуют разностям осадок (по сравнению с эталонным уровнем) между отдельными фундаментами или частями фундамента  $d_{set,i}$  ( $i$  – номер отдельного фундамента или части фундамента).

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Причиной осадки грунтов оснований являются главным образом постоянные нагрузки и нагрузки от грунтов засыпки (забутовки). В конкретных проектах может потребоваться учет переменных воздействий.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Осадки изменяются монотонно (в одном направлении) и их следует учитывать с момента, когда они начинают оказывать влияние на сооружение (например, после того, как сооружение или часть сооружения становятся статически неопределенными). Кроме этого, в бетонных сооружениях или сооружениях с бетонными элементами, может возникнуть взаимосвязь между развитием осадок и ползучестью бетона в элементах.

(16) В качестве разности осадок между отдельными фундаментами или частями фундаментов  $d_{set,i}$  должны приниматься наибольшие значения, прогнозируемые согласно EN 1997 с учетом процесса строительства сооружения.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Метод для оценки осадок указан в EN 1997.

(17) При отсутствии данных контрольных измерений постоянное воздействие от осадок определяют следующим образом:

– принимают наибольшие прогнозируемые значения  $d_{set,i}$  для всех отдельных фундаментов или частей фундаментов;

– к двум отдельным фундаментам или частям фундамента, исследуемым для получения наиболее неблагоприятного эффекта, относят осадки  $d_{\text{set},i} \pm \Delta d_{\text{set},i}$ , при этом в  $\Delta d_{\text{set},i}$  учитывает неопределенности, связанные с оценкой осадок.

## A2.2.2 Правила комбинирования для автодорожных мостов

(1) При проверке некоторых предельных состояний по эксплуатационной пригодности для бетонных мостов могут применяться редко встречающиеся (редкие) значения переменных воздействий.

ПРИМЕЧАНИЕ Ссылки на редкие комбинации воздействий могут быть даны в Национальном Приложении. Выражение для этой комбинации воздействий следующее:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; \psi_{1,\text{infq}} Q_{k,1}; \psi_{1,i} Q_{k,i}\} \quad j \geq 1; i > 1 \quad (\text{A2.1a})$$

при этом выражение в скобках {} может быть представлено следующим образом:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,\text{infq}} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{1,i} Q_{k,i} \quad (\text{A2.1b})$$

(2) Нагрузки по Модели 2 (или объединенная группа нагрузок gr1b) и сосредоточенные нагрузки  $Q_{\text{fwk}}$  (см. 5.3.2.2 в EN 1991-2) на пешеходных дорожках (тротуарах) нет необходимости комбинировать с любым другим переменным воздействием, не обусловленным режимами дорожного движения.

(3) Снеговые нагрузки и воздействия ветра, нет необходимости комбинировать:

– с усилиями торможения и инерционными силами или с центробежными силами или с группой объединенных нагрузок gr2;

– с нагрузками на пешеходных и велосипедных дорожках или с группой объединенных нагрузок gr3;

– с нагрузками от скопления людей (нагрузка по Модели 4) или с группой объединенных нагрузок gr4.

ПРИМЕЧАНИЕ Правила комбинирования для специальных транспортных средств (см. EN 1991-2, Приложение А, Информативное) с нормальным режимом дорожного движения (охваченных посредством LM1 и LM2) и другими переменными воздействиями допускается устанавливать в Национальном Приложении или согласовывать для конкретного проекта.

(4) Снеговые нагрузки не должны комбинироваться с нагрузками по Модели 1 и Модели 2, или с объединенными группами нагрузок gr1a и gr1b, если иное не предусмотрено для некоторых географических районов.

ПРИМЕЧАНИЕ Районы, в которых снеговые нагрузки возможно придется комбинировать с группами нагрузок gr1a и gr1b, допускается устанавливать в Национальном Приложении.

(5) С нагрузками по Модели 1 или с объединенной группой нагрузок gr1a не следует комбинировать ветровые нагрузки, превышающие меньшее из двух значений:  $F_w^*$  или  $\psi_0 F_{\text{wk}}$ .

ПРИМЕЧАНИЕ Воздействия от ветровых нагрузок см. EN 1991-1-4.

(6) Температурные воздействия и воздействия ветра не учитывают одновременно, если иное не предусмотрено исходя из местных климатических условий.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В зависимости от местных климатических условий в Национальном Приложении или для конкретного проекта можно установить другое правило одновременного учета температурных и ветровых воздействий.

#### **A2.2.3 Комбинации для пешеходных мостов**

(1) Сосредоточенные нагрузки  $Q_{fwk}$  нет необходимости комбинировать с любыми другими переменными воздействиями, не связанными с движением транспорта.

(2) Температурные воздействия и воздействия ветра не учитываются одновременно, если иное не предусмотрено исходя из местных климатических условий.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В зависимости от местных климатических условий в Национальном Приложении или для конкретного проекта можно установить другое правило одновременного учета температурных воздействий и воздействий ветра.

(3) Снеговые нагрузки нет необходимости комбинировать с группами нагрузок gr1 и gr2 для пешеходных мостов, если иное не предусмотрено исходя из географических районов или для некоторых типов пешеходных мостов.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Географические районы или определенные типы пешеходных мостов, для которых в комбинации воздействий снеговые нагрузки комбинируют с группами нагрузок gr1 и gr2, допускается устанавливать в Национальном Приложении.

(4) Для пешеходных мостов, на которых пешеходное и велосипедное движение полностью защищено от влияний плохой погоды, следует определять особые комбинации воздействий.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Эти комбинации, при необходимости, допускается устанавливать в Национальном Приложении или согласовывать для конкретного проекта. Рекомендуется применять такие же комбинации, как для зданий (см. Приложение A1), заменяя приложенные нагрузки посредством соответствующей группы нагрузок и применяя коэффициенты  $\psi$  для воздействий, связанных с режимами дорожного движения, в соответствии с Таблицей A2.2.

#### **A2.2.4 Комбинации для железнодорожных мостов**

(1) В комбинациях воздействий для постоянных или переходных расчетных ситуаций, возникающих после строительства моста, не учитывают снеговые нагрузки, если иное не предусмотрено исходя из географических районов или для некоторых типов железнодорожных мостов.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Географические районы или определенные типы железнодорожных мостов, для которых в комбинациях воздействий, возможно, будет необходимо учитывать снеговые нагрузки, допускается устанавливать в Национальном Приложении.

(2) Комбинации воздействий, принимаемые во внимание в тех случаях, когда воздействия, связанные с режимами дорожного движения и воздействия ветра действуют одновременно, должны включать:

– вертикальные воздействия от железнодорожного транспорта, принимаемые с учетом коэффициента динаминости, горизонтальное воздействие от железнодорожного транспорта и воздействия ветра; при этом каждое из этих воздействий рассматривается в соответствующих комбинациях один раз (поочередно) как доминирующее в комбинации воздействий;

– для проверки устойчивости – вертикальные воздействия от железнодорожного транспорта, принимаемые без учета коэффициента динаминости, боковые воздействия для схемы «порожний поезд», определенные в EN 1991-2 (6.3.4), и ветровые воздействия.

(3) Воздействие ветра нет необходимости комбинировать:

– с группами нагрузок gr13 или gr23;

– с группами нагрузок gr16, gr17, gr26, gr27 и нагрузками по Модели SW/2 (см. EN 1991-2, 6.3.3).

(4) Воздействия ветра, превышающие меньшее значение  $F_W^{**}$  или  $\psi_0 F_{Wk}$ , не следует комбинировать с с воздействиями, связанными с режимами дорожного движения.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В Национальном Приложении могут указываться предельные значения максимально возможной скорости ветра, при которых разрешено железнодорожное движение и для которых определяют  $F_W^{**}$ . См. также EN 1991-1-4.

(5) Аэродинамические воздействия от движения железнодорожного транспорта (см. EN 1991-2, 6.6) и ветровые воздействия следует комбинировать. Каждое из этих воздействий следует рассматривать индивидуально в качестве доминирующего переменного воздействия.

(6) Если конструктивный элемент не подвержен прямому воздействию ветра, то воздействие  $q_{ik}$ , возникающее в результате аэродинамических эффектов, следует определять исходя из скорости движения поезда, увеличенной скоростью ветра.

(7) В тех случаях, когда для определения воздействий от железнодорожного транспорта не применяются группы нагрузок, воздействие от железнодорожного транспорта рассматривается как одно разнонаправленное переменное воздействие, для отдельных составляющих которого, в зависимости от расчетной ситуации, применяются максимальные неблагоприятные или минимальные благоприятные значения.

## A2.2.5 Комбинации воздействий для аварийных (несейсмических) расчетных ситуаций

(1) В тех случаях, когда аварийная расчетная ситуация должна быть принята во внимание, никакое другое особое воздействие (не сопутствующее расчетной ситуации), а также нагрузки от ветровых и снеговых воздействий не должны учитываться в этой комбинации.

(2) В аварийной расчетной ситуации, связанной со столкновением транспортных средств (автомобильных или железнодорожных) под мостом, транспортные нагрузки на мост учитывают как сопутствующие с применением их частных значений.

**ПРИМЕЧАНИЕ** 1 Воздействия от столкновения транспортных средств см. в EN 1991-1-7.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Другие комбинации с аварийными воздействиями (например, связанные с сочетанием автомобильного и железнодорожного движения, лавинами, наводнениями, подтоплениями) могут быть согласованы для конкретного проекта.

**ПРИМЕЧАНИЕ 3** См. также 1) в Таблице A2.1.

**(3)** Для аварийных расчетных ситуаций, связанных со сходом поезда с рельс на мосту, железнодорожное движение по другим путям следует рассматривать в комбинации как сопутствующие воздействия, учитываемые с их комбинационными значениями.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Воздействия от столкновения транспортных средств см. в EN 1991-1-7.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Воздействия для аварийных расчетных ситуаций от столкновения железнодорожного транспорта, а также работ, осуществляемых на мосту, в том числе при сходе транспорта с рельс, определяются согласно EN 1991-2, 6.7.1.

**(4)** Аварийные расчетные ситуации от столкновения судна с мостом устанавливают индивидуально

**ПРИМЕЧАНИЕ** В отношении столкновения судна с мостом см. EN 1991-1-7. Дополнительные требования могут быть определены в рамках конкретного проекта.

## **A2.2.6 Значения коэффициентов $\psi$**

**(1)** Коэффициенты  $\psi$  должны иметь соответствующие значения.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Значения коэффициентов  $\psi$  могут быть установлены в Национальном Приложении. Рекомендуемые численные значения коэффициентов  $\psi$  для групп нагрузок от дорожного движения и другие распространенные воздействия указаны в следующих таблицах:

- Таблица A2.1 для автодорожных мостов;
- Таблица A2.2 для пешеходных мостов;
- Таблица A2.3 для железнодорожных мостов, как для групп нагрузок, так и для отдельных компонент воздействий дорожного движения.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Если в Национальном Приложении для некоторых предельных состояний по эксплуатационной пригодности для железобетонных мостов указаны редкие комбинации воздействий, то в этом Национальном Приложении могут быть указаны численные значения  $\Psi_{1,infq}$ . Рекомендуемыми значениями  $\Psi_{1,infq}$  являются:

- 0,80 для gr1a (LM1), gr1b (LM2), gr3 (нагрузки на пешеходные дорожки), gr4 (LM4, скопления людей) и T (температурные воздействия);
- 0,60 для  $F_{wk}$  в постоянных расчетных ситуациях;
- 1,00 в других случаях (т.е. характеристическое значение используется как редкое значение).

**ПРИМЕЧАНИЕ 3** Характеристические значения воздействий ветра и сугробовые нагрузки на период строительства установлены в EN 1991-1-6. В соответствующих случаях в Национальном Приложении или для конкретного проекта допускается устанавливать представительные значения гидростатических воздействий ( $F_{wa}$ ).

**ПРИМЕЧАНИЕ 4** Для пешеходных мостов редкие значения переменных воздействий не применяют.

**ПРИМЕЧАНИЕ 5** Для определенных расчетных ситуаций (например, при вычислении кривизны моста из соображений эстетики и дренажа или с целью увеличения высоты до поверхности воды (обеспечения клиренса) и т.д.), требования к применяемым комбинациям воздействий устанавливают для каждого конкретного проекта.

ПРИМЕЧАНИЕ 6 Для железнодорожных мостов редкие значения переменных воздействий не применяют.

**Таблица А2.1 – Рекомендуемые численные значения коэффициентов  $\psi$  для автодорожных мостов**

Воздействие	Обозначение		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Нагрузки, связанные с режимами дорожного движения (см. EN 1991-2, Таблица 4.4)	gr1a (LM1+нагрузки пешеходные или велодорожные) <sup>1)</sup>	TS UDL Нагрузка пешеходная + велодорожная <sup>2)</sup>	0,75 0,40 0,40	0,75 0,40 0,40	0 0 0
	gr1b (на одну ось)		0	0,75	0
	gr2 (горизонтальные силы (воздействия))		0	0	0
	gr3 (нагрузка пешеходная)		0	0,4	0
	gr4 (LM4 – нагрузка от скопления людей)		0	—	0
	gr5 (LM3 – специальный транспорт)		0	—	0
	$F_{wk}$ – постоянные расчетные ситуации – на период строительства		0,6 0,8	0,2 —	0 0
Ветровые нагрузки	$F_w^*$		1,0	—	—
	$T_k$		0,6 <sup>3)</sup>	0,6	0,5
Снеговые нагрузки	$Q_{Sn,k}$ (на период строительства)		0,8	—	—
Строительные нагрузки	$Q_c$		1,0	—	1,0

<sup>1)</sup> Рекомендуемые значения  $\Psi_0$ ,  $\Psi_1$ ,  $\Psi_2$  для групп нагрузок gr1a и gr1b распространяются на автодорожное движение и применяются с корректирующими коэффициентами  $\alpha_{Q1}$ ,  $\alpha_{qi}$ ,  $\alpha_{qr}$  и  $\beta_Q$  равными единице. Значения для UDL (равномерно распределенной нагрузки) соответствуют обычным сценариям дорожного движения, при которых скопление грузовых транспортных средств может происходить редко. Для других классов дорог или других ожидаемых режимов дорожного движения могут применяться другие численные значения коэффициентов  $\alpha$ . Например, для UDL в системе LM1 может применяться значение  $\Psi_2$ , отличное от нуля, если мост постоянно находится под нагрузкой от непрерывного потока тяжелых транспортных средств См. также EN 1998.

<sup>2)</sup> Комбинационное значение значение пешеходных и велодорожных нагрузок, указанное в Таблице 4.4а EN 1991-2, является «уменьшенным» значением. Для этого значения применимы коэффициенты  $\Psi_0$  и  $\Psi_1$ .

<sup>3)</sup> Рекомендуемое численное значение  $\Psi_0$  для температурных воздействий при проверке предельных состояний EQU, STR и GEO в большинстве случаев допускается принимать равным нулю. См. также расчетные положения Еврокодов.

**Таблица А2.2 – Рекомендуемые значения коэффициентов  $\psi$  для пешеходных мостов**

Воздействие	Обозначение	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Нагрузки, связанные с режимами дорожного движения	gr1	0,40	0,40	0
	$Q_{fwk}$	0	0	0
	gr2	0	0	0

**Таблица А2.2 (продолжение)**

Ветровые нагрузки	$F_{Wk}$	0,3	0,2	0
Температурные воздействия	$T_k$	0,6 <sup>1)</sup>	0,6	0,5
Снеговые нагрузки	$Q_{Sn,k}$ (во время строительства)	0,8	—	0
Строительные нагрузки	$Q_c$	1,0	—	1,0

\_\_\_\_\_

<sup>1)</sup> Рекомендуемое численное значение  $\Psi_0$  для температурных воздействий при проверках предельных состояний EQU, STR и GEO в большинстве случаев допускается уменьшить до 0. См. также расчетные положения Еврокодов.

**Таблица А2.3 – Рекомендуемые численные значения коэффициентов  $\psi$  для железнодорожных мостов**

<b>Воздействия</b>		<b><math>\Psi_0</math></b>	<b><math>\Psi_1</math></b>	<b><math>\Psi_2</math><sup>4)</sup></b>
Отдельные компоненты воздействия, связанные с режимами дорожного движения <sup>5)</sup>	LM 71	0,80	<sup>1)</sup>	0
	SW/0	0,80	<sup>1)</sup>	0
	SW/2	0	1,00	0
	Порожний поезд	1,00	—	—
	HSLM	1,00	1,00	0
	Силы тяги и торможения	Для отдельных компонент воздействий от дорожного движения в расчетной ситуации, когда нагрузки от дорожного движения рассматриваются как одно многокомпонентное доминирующее воздействие, а не как группы нагрузок, следует применять те же коэффициенты $\psi$ , что и рекомендуемые для объединенных вертикальных нагрузок.		
	Центробежная сила			
	Силы взаимодействия из-за деформаций при вертикальных нагрузках от дорожного движения			
	Силы поперечной нагрузки от колёс локомотива	1,00	0,80	0
	Нагрузки на служебные пешеходные дорожки	0,80	0,50	0
	Реальный поезд	1,00	1,00	0
	Горизонтальное давление грунта вследствие превышения нагрузок от дорожного движения	0,80	<sup>1)</sup>	0
	Аэродинамические воздействия	0,80	0,50	0

Таблица А2.3 (продолжение)

Воздействия		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$ <sup>4)</sup>
Основные воздействия, связанные с режимами дорожного движения (группы нагрузок)	gr11 (LM71+SW/0)	Макс. вертикальное 1 с макс. продольным	0,80	0
	gr12 (LM71+SW/0)	Макс. вертикальное 2 с макс. поперечным		
	gr13 (торможение/тяга)	Макс. продольное		
	gr14 (центростатическая сила/поперечная нагрузка от колёс локомотива)	Макс. боковое		
	gr15 (порожний поезд)	Боковая устойчивость при «порожнем поезде»		
	gr16 (SW/2)	SW/2 с макс. продольным		
	gr17 (SW/2)	SW/2 с макс. поперечным	0,80	0
	gr21 (LM71+SW/0)	Макс. вертикальное 1 с макс. продольным		
	gr22 (LM71+SW/0)	Макс. вертикальное 2 с макс. поперечным		
	gr23 (торможение/начало движения)	Макс. продольное		
	gr24 (центростатическая сила/поперечная нагрузка от колёс локомотива)	Макс. боковое		
	gr26 (SW/2)	SW/2 с макс. продольным		
	gr27 (SW/2)	SW/2 с макс. поперечной		

**СН ПК EN 1990:2002+A1:2005/2011**

**EN 1990:2002+A1:2005(E)**

	gr31 (LM71+SW/0)	Дополнительные случаи нагрузок	0,80	0,60	0
--	------------------	--------------------------------	------	------	---

Таблица А2.3 (*продолжение*)

Воздействия		$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$ <sup>4)</sup>
Другие эксплуатационные воздействия	Аэродинамические воздействия	0,80	0,50	0
	Нагрузки на служебных пешеходных дорожках	0,80	0,50	0
Ветровые нагрузки <sup>2)</sup>	$F_{Wk}$	0,75	0,50	0
	$F_W^{**}$	1,00	0	0
Температурные воздействия <sup>3)</sup>	$T_k$	0,60	0,60	0,50
Снеговые нагрузки	$Q_{Sn,k}$ (в процессе строительства)	0,8	—	0
Строительные нагрузки (нагрузки во время строительства от складируемых материалов, оборудования, людей и т.п.)	$Q_c$	1,0	—	1,0

<sup>1)</sup> 0,8 если загружена только 1 колея.  
     0,7 если одновременно загружены 2 колеи.  
     0,6 если одновременно загружены 3 колеи или более.

<sup>2)</sup> При одновременном действии силы ветра и воздействий от дорожного движения, силу ветра следует принимать  $\Psi_0 F_{Wk}$ , но не более  $F_W^{**}$  (см. EN 1991-1-4). См. A2.2.4(4).

<sup>3)</sup> См. EN 1991-1-5.

<sup>4)</sup> Если деформация рассматривается для постоянных и переходных расчетных ситуаций, то для воздействия от железнодорожного движения коэффициент  $\Psi_2$  следует принимать равным 1,0. В отношении сейсмических расчетных ситуаций см. Таблицу А2.5.

<sup>5)</sup> Минимальная вертикальная нагрузка, действующая одновременно с отдельными компонентами воздействий от железнодорожного движения (например, центробежной силой, тягой или торможением), составляет 0,5LM71, и т.д.

(2) К группе нагрузок от транспортных воздействий на железнодорожные мосты следует применять единый коэффициент  $\psi$ ; см. EN 1991-2. Этот коэффициент должен соответствовать коэффициенту  $\psi$ , относящемуся к доминирующей составляющей в группе нагрузок.

(3) Для железнодорожных мостов, следует использовать группы нагрузок, определенные в EN 1991-2, 6.8.2, Таблица 6.11.

(4) Для железнодорожных мостов, при необходимости, должны приниматься во внимание комбинации отдельных воздействий от дорожного движения (включая отдельные компоненты).

**ПРИМЕЧАНИЕ** Отдельные воздействия от дорожного движения, вероятно, должны быть приняты во внимание при расчете опор, например, для оценки максимальных боковых и минимальных вертикальных нагрузений от дорожного движения, ограничений деформаций, максимальных эффектов опрокидывания (особенно для многопролетных мостов) и т.п., см. Таблицу 2.3.

## **A2.3 Критические предельные состояния**

**ПРИМЕЧАНИЕ** Проверки для подтверждения усталостной прочности исключены.

### **A2.3.1 Расчетные значения воздействий для постоянных и переходных расчетных ситуаций**

(1) Расчетные значения воздействий при проверке критических предельных состояний для постоянных и переходных расчетных ситуаций (Выражения 6.9а – 6.10б) должны соответствовать значениям в Таблицах A2.4(А) – А2.4(С).

**ПРИМЕЧАНИЕ** Значения, указанные в Таблицах А2.4(А) – А2.4(С), могут быть изменены в Национальном Приложении (например, для разных уровней надежности, см. Раздел 2 и Приложение В).

(2) При применении Таблиц А2.4(А) – А2.4(С) в случаях, когда предельное состояние является очень чувствительным к изменениям величин постоянных воздействий, применяют верхнее и нижнее характеристические значения этих воздействий, согласно 4.1.2(2)Р.

(3) Условия статического равновесия для мостов (EQU, см. 6.4.1 и 6.4.2(2)) должны быть проверены с применением расчетных значений воздействий, указанных в Таблице А2.4(А).

(4) Расчет конструктивных элементов (STR, см. 6.4.1), при отсутствии геотехнических воздействий, должен выполняться с использованием расчетных значений воздействий, указанных в Таблице А2.4(В).

(5) Расчет конструктивных элементов (фундаментов, свай, подпорных стен, промежуточных опор моста, боковых стенок, откосных креплений, боковых и торцевых стен контрфорсов, стен, удерживающих щебеночный балласт, и т.д.) (STR), при геотехнических воздействиях и отпоре грунта (GEO, см. 6.4.1), должен быть выполнен с использованием одного из трех следующих подходов, с учетом данных, приведенных в ЕвроКоде EN 1997 для геотехнических воздействий и сопротивлений:

– Подход 1: предполагает выполнение двух независимых расчетных проверок, в первой из которых расчетные значения геотехнических воздействий, а также других воздействий на сооружение или от сооружения, принимают по Таблице А2.4(С), а во второй – по Таблице А2.4(В);

– Подход 2: при выполнении расчетной проверки для геотехнических воздействий, а также прочих воздействий на сооружение или от сооружения применяют расчетные значения по Таблице А2.4(В);

– Подход 3: при выполнении расчетной проверки для геотехнических воздействий применяют расчетные значения по Таблице А2.4(С), и, одновременно, для прочих

воздействий на сооружение или от сооружения применяют расчетные значения по Таблице А2.4(В).

**ПРИМЕЧАНИЕ** Применяемый подход (выбор из 1, 2 или 3) устанавливают в Национальном Приложении.

(6) Стабильность площадки строительства (например, устойчивость откоса, на котором находится промежуточная опора моста) должна быть проверена в соответствии с EN 1997.

(7) Критические предельные состояния HYD и ULP (например, для дна котлована фундамента моста), при необходимости, должны быть проверены в соответствии с EN 1997.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Воздействия от воды и эффектов наносных пород см. в EN 1991-1-6. Для конкретного проекта могут потребоваться оценки глубин общих и местных размывов. Требования по учету сил давления льда на опоры моста и т.д., при необходимости, допускается устанавливать в Национальном Приложении или конкретном проекте.

(8) Коэффициенты  $\gamma_p$ , применяемые к воздействиям от предварительного напряжения, устанавливают для соответствующих репрезентативных значений этих воздействий в соответствии с EN 1990 – EN 1999.

**ПРИМЕЧАНИЕ** При отсутствии в строительных Еврокодах значений коэффициентов  $\gamma_p$ , эти значения устанавливают в Национальном Приложении или для конкретного проекта. Они зависят, в частности, от:

- вида предварительного напряжения (см. Примечание к 4.1.2(6));
- классификации предварительного напряжения как прямого или косвенного воздействия (см. 1.5.3.1);
- способа расчета конструкции (см. 1.5.6);
- благоприятного или неблагоприятного характера воздействий от предварительного напряжения, а также доминирующего или сопутствующего характера предварительного напряжения в комбинации воздействий.

В процессе возведения (строительства), см. также EN 1991-1-6.

**Таблица А2.4 (А) – Расчетные значения воздействий (EQU) (группа А)**

Постоянные и переходные расчетные ситуации	Постоянные воздействия		Предварительное напряжение	Доминирующее переменное воздействие*	Сопутствующие переменные воздействия*	
	неблагоприятные	благоприятные			основное (при наличии)	прочие
(Формула 6.10)	$\gamma_{G,j,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_P P$	$\gamma_{Q,i} Q_{k,i}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Коэффициенты  $\gamma$  для постоянных и переходных расчетных ситуаций устанавливают в Национальном Приложении.

Для постоянных расчетных ситуаций рекомендованы следующие коэффициенты  $\gamma$ :

$$\gamma_{G,sup} = 1,05;$$

$$\gamma_{G,inf} = 0,95^{1)}$$

$\gamma_Q = 1,35$  для воздействий от дорожного и пешеходного движения при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном воздействии);

$\gamma_Q = 1,45$  для воздействий от железнодорожного движения при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном воздействии);

$\gamma_Q = 1,50$  для всех других переменных воздействий в постоянных расчетных ситуациях при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном воздействии);

$\gamma_P$  = рекомендуемые значения приведены в соответствующих строительных Еврокодах.

$Q_{k,i}$  – представляет доминирующее дестабилизирующее переменное воздействие, а  $Q_{k,i}$  – представляет значимые сопутствующие дестабилизирующие переменные воздействия, для переходных расчетных ситуаций, в течении которых существует риск потери статического равновесия.

Во время возведения, при наличии соответствующего контроля за процессом строительства, рекомендованы следующие значения коэффициентов  $\gamma$ :

$$\gamma_{G,sup} = 1,05;$$

$$\gamma_{G,inf} = 0,95^{1)}$$

$\gamma_Q = 1,35$  для строительных нагрузок при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятных воздействиях);

$\gamma_Q = 1,50$  для всех других переменных воздействий при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном воздействии).

<sup>1)</sup> Изменчивость характеристик противовесов, в случае их применения, может учитываться с помощью одного или двух рекомендуемых правил:

– если собственный вес противовесов определен не совсем точно (например, в случае применения контейнеров) – применяется коэффициент  $\gamma_{G,inf} = 0,8$ ,

– если величина противовеса установлена точно, то учитываются возможные отклонения его положения от положения, принятого в проекте; возможные отклонения принимаются пропорциональными размеру моста. При строительстве стальных мостов диапазон отклонения положения противовеса, обычно, принимают  $\pm 1$  м.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** При проверке поднятия опор многопролетного неразрезного моста или при проверке статического равновесия, связанных с несущей способностью «включающихся» конструктивных элементов (например, стабилизирующих систем или устройств, препятствующих потере статического равновесия – якорей, дополнительных опор или бандажей), в качестве альтернативы двум отдельным проверкам, базирующими на данных Таблиц А2.4(А) и А2.4(В), могут быть приняты комбинированные проверки, основанные на данных Таблицы А2.4(А). Коэффициенты  $\gamma$  допускается устанавливать в Национальном Приложении. Рекомендованы следующие численные значения  $\gamma$ :

$$\gamma_{G,sup} = 1,35;$$

$$\gamma_{G,inf} = 1,25;$$

$\gamma_Q = 1,35$  для воздействий от дорожного и пешеходного движения при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном воздействии);

$\gamma_Q = 1,45$  для воздействий от железнодорожного движения при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном воздействии);

$\gamma_Q = 1,50$  для всех других переменных воздействий в постоянных расчетных ситуациях при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном воздействии);

$\gamma_Q = 1,35$  для всех других переменных воздействий при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном), при условии, что применение  $\gamma_{G,inf} = 1,00$  как для благоприятной, так и для неблагоприятной части постоянных воздействий не оказывает более неблагоприятного эффекта.

\*Переменные воздействия содержатся в Таблицах А2.1 – А2.3.

**Таблица А2.4(В) – Расчетные значения воздействий (STR/GEO) (группа В)**

Постоянная и переходная расчетные ситуации	Постоянныe воздействия		Предварительное напряжение	Доминирующее переменное воздействие	Сопутствующие переменные воздействия*	Постоянная и переходная расчетные ситуации	Постоянныe воздействия		Предварительное напряжение	Доминирующее переменное воздействие	Сопутствующие переменные воздействия*	
	неблагоприятные	благоприятные					основные (при наращивании)	прочие				
Формула (6.10)	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_P P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	Формула (6.10a)	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_P P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	
						Формула (6.10b)	$\zeta \gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_P P$		$\gamma_{Q,1} \psi_{0,i} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Выбор между 6.10, 6.10a и 6.10b может устанавливаться в Национальном Приложении. В случае применения 6.10a и 6.10b в Национальном Приложении может такжеться уточняться Формула 6.10a, учитывая только постоянные воздействия.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Коэффициенты  $\gamma$  и  $\zeta$  устанавливаются в Национальном Приложении. При применении Выражений 6.10 или, 6.10a и 6.10b рекомендованы следующие значения  $\gamma$  и  $\zeta$ :

$\gamma_{G,sup} = 1,35$ ;

$\gamma_{G,inf} = 1,00$ ;

$\gamma_Q = 1,35$ , если  $Q$  представляет неблагоприятное воздействие от дорожного и пешеходного движения (0 при благоприятном воздействии);

$\gamma_Q = 1,45$ , если  $Q$  представляет неблагоприятное воздействие от железнодорожного движения для группы нагрузки LM71, SW/0 и HSLM,

а также реальных поездов, учитываемых как отдельное доминирующее воздействие от дорожного движения (0 - при благоприятном воздействии);

$\gamma_Q = 1,20$ , если  $Q$  представляет неблагоприятное воздействие от железнодорожного движения, для группы нагрузок от 16 и 17 и Модели нагрузок SW/2 (0 при благоприятном воздействии);

$\gamma_Q = 1,50$  для других воздействий от дорожного движения и других переменных воздействий<sup>2)</sup>,

$\zeta = 0,85$  (так чтобы  $\zeta \gamma_{G,sup} = 0,85 \times 1,35 \approx 1,15$ ).

$\gamma_{Set} = 1,20$  в случае линейных упругих расчетов, и  $\gamma_{Get} = 1,35$  в случае нелинейных расчетов, для расчетных ситуаций, когда воздействия из-за неравномерных осадок (фундамента) могут иметь неблагоприятные эффекты. Для расчетных ситуаций, когда воздействия из-за неравномерных осадок (фундамента) могут иметь благоприятные эффекты, то эти воздействия не должны быть привиты во внимание.

См. также EN 1991–EN 1999, относительно значений  $\gamma$ ; учитываемых для приложенных деформаций.

$\gamma_P$  – рекомендуемые значения, определенные в соответствии строительным ЕвроКодом.

<sup>1)</sup> Это значение относится к собственному весу конструктивных элементов, балласту, грунтовым и свободно текущим водам, транспортным подвижным нагрузкам и т.д.

<sup>2)</sup> Это значение относится к переменному горизонтальному давлению грунта, грунтовым и свободно текущим водам, щебеночному балласту, транспортным нагрузкам на заборах, создающим давление грунта, аэродинамическим воздействиям от транспорта, ветровым и температурным воздействиям и т.д.

<sup>3)</sup> При воздействиях от железнодорожного транспорта для группы нагрузок 26 и 27  $\gamma_Q = 1,20$  допускается применять к отдельным компонентам SW/2, а  $\gamma_Q = 1,45$  – к отдельным компонентам Моделей нагрузок LM71, SW/0 и HSLM и т.д.

**ПРИМЕЧАНИЕ 3** Характеристические значения всех постоянных воздействий, которые имеют однаковое происхождение, умножают на  $\gamma_{G,inf}$ , если их влияние неблагоприятно. Эти значения умножают на  $\gamma_{G,inf}$ , если их влияние неблагоприятно. Например, все воздействия от собственного веса конструкции допускается рассматривать как имеющие одинаковое происхождение. Это условие применяется также в случае использования различных материалов. См. также A2.3.1(2).

**ПРИМЕЧАНИЕ 4** Для некоторых проверок коэффициенты  $\gamma_Q$  и  $\gamma_Q$  допускается подразделять на коэффициенты  $\gamma_g$  и  $\gamma_q$  и коэффициент для погрешности модели  $\gamma_{sa}$ . Значение  $\gamma_{sa}$  устанавливается в Национальном Приложении. Рекомендованное для  $\gamma_{sa}$  является значение 1,0 – 1,15.

**ПРИМЕЧАНИЕ 5** Для воздействий от волн, не установленных в Таблицах А2.1 – А2.3.

\* Переменные воздействия содержатся в Таблицах А2.1 – А2.3.

**Таблица А2.4 (C) – Расчетные значения воздействий (STR/GEO) (группа С)**

Постоянные и переходные расчетные ситуации	Постоянныe воздействия		Предварительное напряжение	Доминирующее переменное воздействие*	Сопутствующие переменные воздействия*	
	неблагоприятные	благоприятные			основное (если имеется)	прочие
(Формула 6.10)	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_p P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
<p><b>ПРИМЕЧАНИЕ</b> Коэффициенты <math>\gamma</math> устанавливают в Национальном Приложении. Рекомендованы следующие значения <math>\gamma</math>:</p> <p><math>\gamma_{G,sup} = 1,00</math>;</p> <p><math>\gamma_{G,inf} = 1,00</math>;</p> <p><math>\gamma_{G,set} = 1,00</math>;</p> <p><math>\gamma_Q = 1,15</math> для воздействий от дорожного и пешеходного движения при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном воздействии);</p> <p><math>\gamma_Q = 1,25</math> для воздействий от железнодорожного движения при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном воздействии);</p> <p><math>\gamma_Q = 1,30</math> для переменной части горизонтального давления грунта, грунтовых и свободно текущих вод или балласта, для нагрузок от дорожного движения дополнительных к давлению грунта, при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном воздействии);</p> <p><math>\gamma_Q = 1,30</math> для всех других переменных воздействий при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном воздействии);</p> <p><math>\gamma_{Gset} = 1,00</math> в случае линейных упругих или нелинейных расчетов, для расчетных ситуаций, когда воздействия из-за неравномерных осадок (фундамента) могут иметь неблагоприятные эффекты. Для расчетных ситуаций, если воздействия из-за неравномерных осадок (фундамента) могут иметь благоприятные эффекты, то эти воздействия не учитывают;</p> <p><math>\gamma_p</math> = коэффициент, с рекомендуемыми значениями, принятыми в соответствующем Еврокоде.</p> <hr/> <p>* Переменные воздействия содержатся в Таблицах А2.1–А2.3</p>						

### A2.3.2 Расчетные значения воздействий для аварийных и сейсмических расчетных ситуаций

(1) Частные коэффициенты  $\gamma$  для воздействий, применяемых при проверках критических предельных состояний для аварийных и сейсмических расчетных ситуаций (Выражения 6.11a – 6.11b), указаны в Таблице А2.5. Коэффициенты  $\psi$  установлены в Таблицах А2.1 – А2.3.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В отношении сейсмической расчетной ситуации см. также в EN 1998.

**Таблица А2.5 – Расчетные значения воздействий для применения в аварийных и сейсмических комбинациях воздействий**

Расчетная ситуация	Постоянные воздействия		Предварительное напряжение	Аварийное или сейсмическое воздействие	Сопутствующие переменное воздействия**	
	неблагоприятные	благоприятные			основное (при наличии)	прочие
Аварийное* (Формула 6.11a/b)	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	$P$	$A_d$	$\Psi_{1,1} Q_{k,1}$ или $\Psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\Psi_{2,I} Q_{k,i}$
Сейсмическое *** (Формула 6.12a/b)	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	$P$	$A_{Ed} = \gamma_l A_{Ek}$	$\Psi_{2,I} Q_{k,i}$	

ПРИМЕЧАНИЕ Расчетные значения в данной Таблице А2.5 могут быть изменены в Национальном Приложении. Для всех других воздействий, кроме сейсмических, рекомендовано значение  $\gamma = 1,0$ .

---

\* В аварийных расчетных ситуациях для основного сопутствующего воздействия допускается принимать его частое значение или же, как в комбинациях сейсмических воздействий, его квазистатическое значение. Выбор этих значений устанавливают в Национальном Приложении в зависимости от рассматриваемого аварийного воздействия.

\*\* Переменные воздействия приведены в Таблицах А2.1 – А2.3.

\*\*\* В Национальном Приложении или для конкретного проекта допускается устанавливать сейсмические расчетные ситуации. При этом, для железнодорожных мостов только одна колея должна быть загружена, а Моделью нагрузки SW/2 допускается пренебречь.

(2) В особых случаях, когда одно или несколько переменных воздействий должны рассматриваться одновременно с аварийным воздействием, следует определять его репрезентативное значение.

ПРИМЕЧАНИЕ Например, в случае строительства мостов кантилеверным (консольным) методом, некоторые строительные нагрузки можно рассматривать как совместные с аварийным воздействием, соответствующим случайному падению сборного элемента заводского изготовления. Репрезентативные значения допускается устанавливать для конкретного проекта.

(3) Если во время строительства существует опасность потери статического равновесия, то воздействия следует комбинировать следующим образом:

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj,sup} + \sum_{j \geq 1} G_{kj,inf} + P + A_d + \psi_2 Q_{c,k} \quad (\text{A2.2})$$

где

$Q_{c,k}$  – характеристическое значение нагрузки на строительный объект, установленное в EN 1991-1-6 (например, характеристическое значение для значимой комбинации групп нагрузок  $Q_{ca}$ ,  $Q_{cb}$ ,  $Q_{cc}$ ,  $Q_{cd}$ ,  $Q_{ce}$  и  $Q_{cf}$ ).

## A2.4 Предельные состояния по эксплуатационной пригодности и другие специфичные предельные состояния

### A2.4.1 Общие положения

(1) Для предельных состояний по эксплуатационной пригодности применяют расчетные значения воздействий из Таблицы А2.6, если в EN 1991 – EN 1999 не установлены другие значения.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Для предельного состояния по эксплуатационной пригодности значения коэффициентов  $\gamma$  для воздействий, связанных с режимами дорожного движения и других воздействий, допускается устанавливать в Национальном Приложении. Рекомендованные расчетные значения указаны в Таблице А2.6, для которых все коэффициенты  $\gamma$  приняты равными 1,0.

**Таблица А2.6 – Расчетные значения воздействий в комбинациях воздействий**

Комбинация воздействий	Постоянные воздействия $G_d$		Предварительное напряжение	Переменные воздействия $Q_d$	
	неблагоприятные	благоприятные		доминирующее	прочие
Характеристическое	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	$P$	$Q_{k,1}$	$\psi_{0,i} Q_{k,i}$
Частое	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	$P$	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Квазипостоянное	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	$P$	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$

ПРИМЕЧАНИЕ 2 В Национальном Приложении может допускаться также применение редких комбинаций воздействий.

(2) Критерии эксплуатационной пригодности должны быть определены во взаимосвязи с требованиями по эксплуатационной пригодности в соответствии с 3.4 и EN 1992 - EN 1999. Деформации рассчитывают в соответствии с EN 1991 – EN 1999, применяя комбинации воздействий согласно Выражениям (6.14a) – (6.14b) (см. Таблицу А2.6) и принимая во внимание требования по эксплуатационной пригодности, а также различия между обратимыми и необратимыми предельными состояниями.

ПРИМЕЧАНИЕ Требования и критерии эксплуатационной пригодности допускается устанавливать в Национальном Приложении или для конкретного проекта.

### A2.4.2 Критерии эксплуатационной пригодности в отношении деформаций и вибраций автодорожных мостов

(1) В определенных случаях для автодорожных мостов определяют следующие требования и критерии, касающиеся:

- подъема (поднятие) пролетного строения моста на опорах;
- повреждения опор.

ПРИМЕЧАНИЕ Подъем (поднятие) на конце пролетного строения моста может нарушить безопасность движения и вызвать повреждения конструктивных и неконструктивных элементов.

Для исключения указанного подъема следует применять более высокие требования к безопасности, по сравнению с обычно применяемыми для предельных состояний по эксплуатационной пригодности.

(2) Предельные состояния по эксплуатационной пригодности во время строительства устанавливают в соответствии с EN 1990 – EN 1999.

(3) В определенных случаях для автодорожных мостов устанавливают требования и критерии, касающиеся деформаций и вибраций.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Проверки предельных состояний по эксплуатационной пригодности, в отношении деформаций и вибраций автодорожных мостов, осуществляется только в исключительных случаях. Для оценки деформаций рекомендуется применять частые комбинации воздействий.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Вибрации автодорожных мостов могут быть вызваны различными причинами, чаще всего ветровыми воздействиями и воздействиями от дорожного движения. В отношении вибрации от ветровых воздействий см. EN 1991-1-4. При вибрациях, вызванных воздействиями от дорожного движения, возможно, придется учитывать критерии комфорта. Во внимание следует принимать также усталостную прочность.

#### **A2.4.3 Проверки вибраций для пешеходных мостов при движении пешеходов**

**ПРИМЕЧАНИЕ** В отношении вибрации от ветровых воздействий, см. в EN 1991-1-4.

##### **A2.4.3.1 Расчетные ситуации и допущения, связанные с транспортными нагрузками**

(1) Расчетные ситуации (см. 3.2) следует принимать в зависимости от пешеходного движения, возможного на пешеходном мосту за его расчетный срок эксплуатации.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Расчетные ситуации должны учитывать вид и способ организации регулирования и ограничения движения в зависимости от конкретного проекта.

(2) В зависимости от площади настила моста или участка настила, в качестве постоянной расчетной ситуации принимают нагрузку от группы лиц, состоящей из 8–15 свободно идущих человек.

(3) Другие постоянные, переменные или аварийные расчетные ситуации устанавливаются в зависимости от площади настила моста или участка настила с учетом следующих условий:

- наличие потока пешеходов (значительно больше, чем 15 человек);
- возможные скопления людей на праздничных или спортивных мероприятиях.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Эти транспортные и расчетные ситуации следует учитывать не только в проектах мостов, расположенных в густонаселенных городских районах, но и в проектах мостов, расположенных в непосредственной близости от железнодорожных и автобусных вокзалов, школ, любых значительных зданий с общественным доступом и любых других мест, где возможно большое скопление людей.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Определение расчетных ситуаций, связанных с праздничными или спортивными мероприятиями, зависит от ожидаемой степени контроля за ними ответственным

собственником или уполномоченным органом. Правила проверки не предусматриваются в настоящем пункте и, возможно, необходимо будет принимать во внимание специальные исследования. Некоторые сведения о существенных критериях проектирования можно найти в соответствующей литературе.

#### **A2.4.3.2 Критерии комфорта для пешеходов (по эксплуатационной пригодности)**

(1) В качестве критериев комфорта следует принимать максимально допустимые ускорения колебаний в любом месте пролетного строения моста.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Критерии допускается устанавливать в Национальном Приложении или для конкретного проекта. Рекомендуется применение следующих максимальных ускорений ( $\text{м/с}^2$ ):

- i) 0,7 для вертикальных колебаний;
- ii) 0,2 для горизонтальных колебаний при стандартной эксплуатации;
- iii) 0,4 для исключительных условий при скоплении людей.

(2) Проверку критериев комфорта проводят в случаях, когда частота собственных колебаний пролетного строения моста по основному тону менее:

- 5 Гц для вертикальных колебаний;
- 2,5 Гц для горизонтальных (боковых) колебаний и крутильных колебаний.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Исходные данные, применяемые в расчетах, а соответственно и результаты расчетов имеют очень много неопределенностей. Если критерии комфорта не соблюдаются со значительным запасом, то в проекте может быть предусмотрена возможность применения демпферов, устанавливаемых после завершения строительства сооружения. В таких случаях проектная организация должна предусмотреть соответствующие пусковые испытания и определить требования к ним.

#### **A2.4.4 Проверки деформаций и вибраций железнодорожных мостов**

##### **A2.4.4.1 Общие положения**

(1) В настоящем Разделе A2.4.4 приведены предельные значения деформаций и вибраций, которые необходимо учитывать при проектировании новых железнодорожных мостов.

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Чрезмерные деформации моста могут быть опасны для движения, вызывая недопустимые изменения вертикального и горизонтального положения колеи, чрезмерное повышение напряжений в рельсах и вибрации в мостовых конструкциях. Чрезмерные вибрации могут вызывать нестабильность балласта и недопустимое снижение контактных усилий между колесом и рельсом. Чрезмерные деформации могут также влиять на нагрузки, приложенные к системе «колея/мост» и создавать условия, вызывающие дискомфорт пассажиров.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Предельные значения деформаций и вибраций, в явном или неявном виде, содержатся в критериях жесткости, установленных для моста в A2.4.4.1(2)Р.

**ПРИМЕЧАНИЕ 3** В Национальном Приложении допускается устанавливать предельные значения деформаций и вибраций, которые должны быть приняты во внимание при проектировании временных железнодорожных мостов. В Национальном Приложении допускается указывать

специальные требования к временным мостам, зависящие от планируемых условий эксплуатации (например, специальные требования к наклонным мостам).

(2)При проверках деформаций моста, выполняемых для обеспечения безопасности движения, определяются следующие показатели:

– вертикальное ускорение колебаний пролетного строения (для предотвращения нестабильности балласта и недопустимого снижения контактных усилий между колесом и рельсом – см. A2.4.4.2.1);

– вертикальный прогиб пролетного строения моста в зонах отдельных пролетов (для обеспечения требуемых вертикальных радиусов рельсового пути и, как правило, прочности сооружения – см. A2.4.4.2.3(3));

– беспрепятственный подъем на опорах (для предотвращения преждевременного разрушения опор);

– вертикальный упругий прогиб в конце пролетного строения, выступающего за опоры (для предотвращения дестабилизации рельсовых путей и ограничения усилий подъема на креплениях рельсов, а также ограничения дополнительных напряжений в рельсах – см. A2.4.4.2.3(1) и EN 1991-2, 6.5.4.5.2);

– скручивание пролетного строения, измеряемое вдоль центральной линии каждой рельсового пути на подходах к мосту и вдоль моста (для снижения до минимума риска схода поезда с рельс – см. A2.4.4.2.2);

**ПРИМЕЧАНИЕ** В А2.4.4.2.2 содержатся критерии, отвечающие требованиям, предъявляемым к безопасности эксплуатации и комфорту пассажиров.

– поворот концов каждого пролетного строения вокруг поперечной оси или относительный общий поворот между двумя примыкающими друг к другу концами пролетных строений (для ограничения дополнительных напряжений в рельсах (см. EN 1991-2, 6.5.4), усилий подъема на креплениях рельсов и угловых отклонений на стяжках рельс и элементах стрелочного перевода – см. A2.4.4.2.3(2));

– продольное смещение верхней кромки концов пролетного строения, вследствие деформаций в продольном направлении и поворота конца пролетного строения (для ограничения дополнительных напряжений в рельсах и сведения до минимума нарушения балласта колеи и смежного рельсового пути – см. СП РК EN 1991-2, 6.5.4.5.2);

– горизонтальное поперечное смещение (для обеспечения требуемых горизонтальных радиусов рельсовых путей – см. A2.4.4.2.4, Таблица А2.8);

– горизонтальный поворот концов пролетного строения вокруг вертикальной оси (для обеспечения горизонтальной геометрии рельсового пути и комфорта пассажиров – см. А2.4.4.2.4, Таблица А2.8);

– ограничение первой собственной частоты боковых колебаний пролета для исключения возможности возникновения резонанса при боковых колебаниях транспортного средства на подвеске и боковых колебаниях моста – см. А2.4.4.2.4(3).

**ПРИМЕЧАНИЕ** Другие неявные критерии заключаются в ограничении собственной частоты колебаний мостов согласно EN 1991-2, 6.4.4, а также в определении коэффициентов динамичности для реального поезда в соответствии с EN 1991-2, 6.4.6.4 и EN 1991-2, Приложение С.

(3) Проверки деформаций моста должны быть выполнены для обеспечения комфорта пассажиров, например, определяют вертикальные прогибы пролетного строения с целью ограничения ускорений корпуса пассажирского вагона, согласно А2.4.4.3.

(4) Предельные значения, указанные в А2.4.4.2 и А2.4.4.3, учитывают эффекты, обусловленные мероприятиями по техническому обслуживанию путей (например, позволяющими предупредить влияния осадок фундаментов, ползучести и т.д.).

#### **A2.4.4.2 Критерии безопасности дорожного движения**

##### **A2.4.4.2.1 Вертикальное ускорение пролетного строения**

(1)Р Для обеспечения безопасности движения в некоторых случаях необходим динамический расчет, включающий проверку пикового ускорения колебаний пролетного строения вследствие воздействий от железнодорожного транспорта. Эта проверка предельного состояния по эксплуатационной пригодности предназначена для исключения нестабильности рельсового пути.

(2) Требования о необходимости динамического расчета определяют согласно EN 1991-2, 6.4.4.

(3)Р Необходимый динамический расчет проводят согласно требованиям, приведенным в EN 1991-2, 6.4.6.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Как правило, применяют только характеристические воздействия от железнодорожного транспорта согласно EN 1991-2, 6.4.6.1.

(4)Р Максимальные пиковые значения ускорений колебаний пролетного строения моста вдоль каждого рельсового пути должны соответствовать следующим расчетным значениям:

i)  $\gamma_{bt}$  – для балластированного рельсового пути;

ii)  $\gamma_{df}$  – для закрепленных рельс и конструктивных элементов, предназначенных для высокоскоростного движения.

Эти значения распространяются на все элементы конструкций, поддерживающих рельсовые пути; при этом следует учитывать частоты (включая связанных форм колебаний) с максимальным из значений:

i) 30 Гц;

ii) 1,5-кратная частота первой собственной формы (основного тона колебаний) рассматриваемого элемента конструкции;

iii) частота третьей собственной формы колебаний рассматриваемого элемента конструкции.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Предельные значения ускорений и соответствующие частоты колебаний допускается устанавливать в Национальном Приложении. Для применения рекомендованы следующие значения:

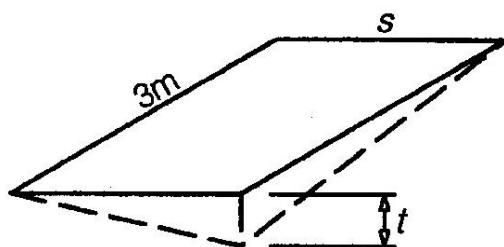
$$\gamma_{bt} = 3,5 \text{ м/с}^2$$

$$\gamma_{df} = 5 \text{ м/с}^2.$$

##### **A2.4.4.2.2 Скручивание пролетного строения моста**

(1)Р Расчет на скручивание пролетного строения моста выполняют с применением характеристических значений Модели нагрузок 71, а также SW/0 или SW/2, умножая их, в зависимости от обстоятельств, на коэффициенты  $\Phi$  и  $\alpha$ , и Модели нагрузок HSIM, включая влияния центробежной силы согласно EN 1991-2, Раздел 6. Скручивание должно проверяться на подъезде к мосту, на протяжении моста и на съезде с моста (см. A2.4.4.1(2)P).

(2) Максимальное скручивание  $t$  [мм/3 м] при ширине колеи рельсового пути  $s$  [м] в 1,435 м, измеренное на длине 3 м (см. Рисунок А2.1), не должно превышать значения, указанные в Таблице А2.7.



**Рисунок А2.1 – Определения для скручивания пролетного строения**

**Таблица А2.7 – Предельные значения для скручивания пролетного строения**

Диапазоны скорости $V$ (км/ч)	Максимальное скручивание $t$ (мм/3 м)
$V \leq 120$	$t \leq t_1$
$120 < V \leq 200$	$t \leq t_2$
$V > 200$	$t \leq t_3$

**ПРИМЕЧАНИЕ** Значения  $t$  допускается устанавливать в Национальном Приложении. Для применения рекомендованы следующие значения:

$$t_1 = 4,5;$$

$$t_2 = 3,0;$$

$$t_3 = 1,5.$$

Значения для рельсовых путей с другой шириной колеи допускается устанавливать в Национальном Приложении.

(3)Р Общее скручивание рельсовых путей, обусловленное скручиванием, не связанным с транспортными воздействиями (например, на переходной кривой), и скручиванием рельсовых путей от деформаций моста вследствие движения железнодорожного транспорта, не должно превышать значение  $t_T$ .

**ПРИМЕЧАНИЕ** Значения  $t_T$  допускается устанавливать в Национальном Приложении. Для применения рекомендовано значение  $t_T = 7,5$  мм/3м.

#### A2.4.4.2.3 Вертикальные деформации пролетного строения

(1) Для сооружений всех конфигураций, загруженных вертикальными нагрузками с характеристическими значениями, классифицированными согласно EN 1991-2, 6.3.2 (и где необходимо классифицированными SW/0 и SW/2 согласно EN 1991-2, 6.3.3), общая максимальная вертикальная деформация от воздействий железнодорожного транспорта, измеренная вдоль рельсового пути, не должна превышать значение  $L/600$ .

ПРИМЕЧАНИЕ Дополнительные требования по ограничению вертикальных деформаций мостов со щебеночным балластом и без него/для балластированных и безбалластных мостов, в соответствующих случаях, допускается устанавливать в Национальном Приложении или для конкретного проекта.



Рисунок А2.2 – Повороты на концах пролетных строений

(2) Ограничения на повороты концов пролетных строений мостов со щебеночным балластом (балластированных мостов) содержатся в EN 1991-2, 6.5.4.

ПРИМЕЧАНИЕ Требования к безбалластным сооружениям допускается устанавливать в Национальном Приложении.

(3) Для поворотов вблизи стяжек рельс, стрелочных переводов, скрещиваний и т.д. устанавливают дополнительные ограничения на углы поворотов.

ПРИМЕЧАНИЕ Дополнительные ограничения для углов поворотов допускается устанавливать в Национальном Приложении или для конкретного проекта.

(4) Ограничения вертикальных смещений на концах пролетного строения моста, выступающих за опоры, указаны в EN 1991-2, 6.5.4.5.2.

#### A2.4.4.2.4 Поперечные деформации и вибрации пролетного строения

(1) Поперечные деформации и колебания пролетного строения проверяют при характеристических комбинациях нагрузок Модели 71 и SW/0, умноженных, в случае необходимости, на коэффициенты динамичности  $\Phi$  и  $\alpha$  (или, в подходящих случаях, при воздействиях от реального состава с соответствующими коэффициентами динамичности), с воздействиями от ветровых нагрузок, от опрокидывающей силы, центробежных сил согласно EN 1991-2, Раздел 6, и эффекта поперечной разности температур поперек моста.

(2) Поперечную деформацию  $\delta_h$  на поверхности пролетного строения ограничивают с той целью, чтобы:

– горизонтальный угол поворота вокруг вертикальной оси в конце пролетного строения моста не превышал значения в Таблице A2.8;

– изменение радиуса колеи поперек пролетного строения не превышало значения в Таблице A2.8; или

– в конце пролетного строения разница поперечной деформации между пролетным строением и примыкающей колеей или между смежными пролетными строениями не превышала установленного значения.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Максимальное значение разницы поперечной деформации допускается устанавливать в Национальном Приложении или для конкретного проекта.

**Таблица А2.8 – Максимальное значение горизонтального угла поворота и наибольшее изменение радиуса закругления**

Диапазоны скорости ( $V$ , км/ч)	Максимальное значение горизонтального угла вращения,(рад)	Наибольшее изменение радиуса закругления, (м), при сооружении	
		однопролетном	многопролетном
$V \leq 120$	$\alpha_1$	$r_1$	$r_4$
$120 < V \leq 200$	$\alpha_2$	$r_2$	$r_5$
$V > 200$	$\alpha_3$	$r_3$	$r_6$

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Изменение радиуса закругления можно определить следующим образом:

$$r = \frac{L^2}{8\delta_h} \quad (\text{A2.7})$$

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** Поперечные деформации состоят из деформаций пролетного строения и деформаций нижнего строения моста (включая устои, сваи и фундаменты).

**ПРИМЕЧАНИЕ 3** Значения  $\alpha_i$  и  $r_i$  допускается устанавливать в Национальном Приложении. Для применения рекомендованы следующие значения:

$\alpha_1 = 0,0035; \alpha_2 = 0,0020; \alpha_3 = 0,0015;$   
 $r_1 = 1700; r_2 = 6000; r_3 = 14000;$   
 $r_4 = 3500; r_5 = 9500; r_6 = 17500.$

(3) Первая собственная частота поперечных (боковых) колебаний пролета моста должна составлять не менее  $f_{h0}$ .

**ПРИМЕЧАНИЕ** Значение  $f_{h0}$  допускается устанавливать в Национальном Приложении. Для применения рекомендованы следующие значения:

$$f_{h0} = 1,2 \text{ Гц.}$$

#### A2.4.4.2.5 Продольные смещения пролетного строения

(1) Ограничение на продольные смещения концов пролетных строений моста указано в EN 1991-2, 6.5.4.5.2.

**ПРИМЕЧАНИЕ** См. также A2.4.4.2.3.

**A2.4.4.3 Пределные значения максимального вертикального прогиба из условий комфортности**

**A2.4.4.3.1 Критерии комфорта**

(1) Комфорт пассажиров зависит от вертикальных ускорений  $b_v$ , которые возникают внутри пассажирского вагона при подъезде к мосту, проезде через мост и съезде с моста.

(2) Должны быть установлены уровни комфорта и соответствующие предельные значения вертикальных ускорений.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Уровни комфорта и соответствующие предельные значения вертикальных ускорений допускается устанавливать для конкретного проекта. Рекомендуемые уровни комфорта указаны в Таблице А2.9.

**Таблица А2.9 – Рекомендуемые уровни комфорта**

Уровни комфорта	Вертикальные ускорения $b_v$ , м/с <sup>2</sup>
Очень хорошо	1,0
Хорошо	1,3
Удовлетворительно	2,0

**A2.4.4.3.2 Критерии деформаций для проверки комфорта пассажиров**

(1) С целью ограничения вертикальных ускорений транспортного средства до значений, указанных в Таблице А2.4.4.3.1(2), в данном Разделе приведены значения максимального допустимого вертикального прогиба  $\delta$  вдоль центральной линии колеи железнодорожного моста, являющегося функцией:

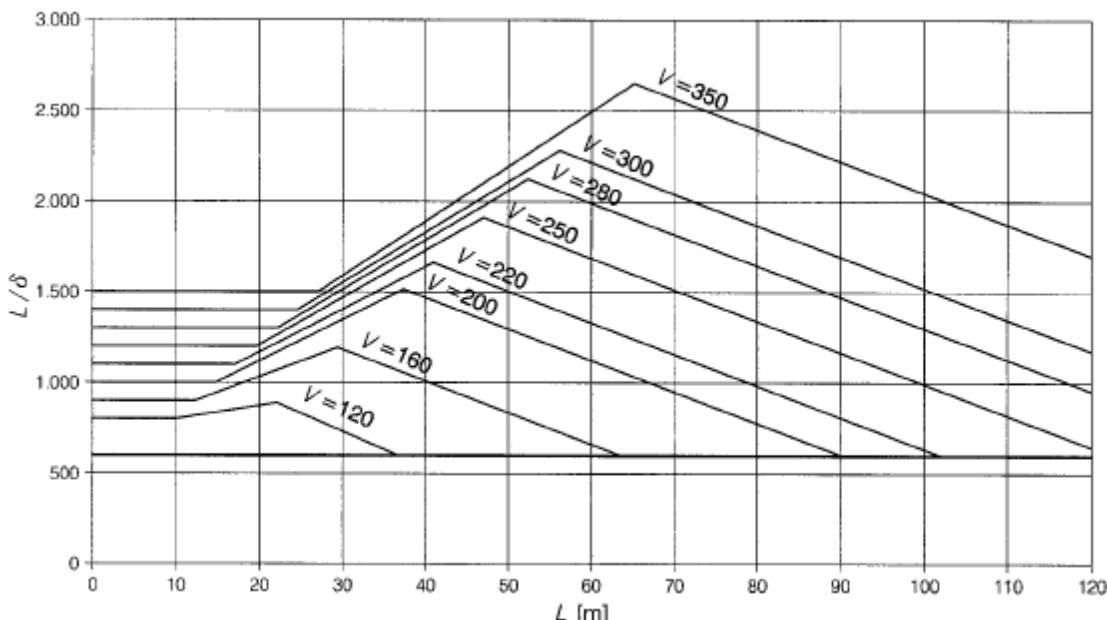
- длины пролета,  $L$ , м;
- скорости поезда,  $V$ , км/ч;
- количества пролетов;
- конфигурации моста (однопролетные, неразрезные).

Альтернативно вертикальное ускорение  $b_v$  можно определить динамическим расчетом, выполняемым с учетом взаимодействия транспортного средства и моста (см. А2.4.4.3.3).

(2) Вертикальный прогиб  $\delta$  определяют с применением нагрузок по Модели 71, умноженных на коэффициент  $\Phi$  и значение  $\alpha = 1,0$  согласно EN 1991-2, Раздел 6.

В мостах с двумя и более рельсовыми путями нагрузка учитывается только на один рельсовый путь.

(3) Для неординарных конструкций, например неразрезных балок, с сильно различающейся длиной пролетов или пролетов моста с большой разницей жесткостей, проводят специальный динамический расчет.



Коэффициенты, указанные в А2.4.4.3.2(5), не должны применяться к ограничению  $L/\delta = 600$ .

**Рисунок А2.3 – Максимально допустимый вертикальный прогиб  $\delta$  для железнодорожных мостов с тремя или более последовательно расположеными свободно опирающимися пролетными строениями, соответствующий допустимому вертикальному ускорению  $b_v = 1 \text{ м/с}^2$  в пассажирском вагоне при скорости движения  $V, \text{ км/ч}$**

(4) Предельные значения  $L/\delta$ , указанные на Рисунке А2.3, даны для  $b_v = 1,0 \text{ м/с}^2$ , что соответствует уровню комфорта “очень хорошо”. Для других уровней комфорта и соответствующих максимально допустимых вертикальных ускорений  $b'_v$ , значения  $L/\delta$ , указанные на Рисунке А2.3, допускается разделить на  $b'_v, \text{ м/с}^2$ .

(5) Предельные значения  $L/\delta$ , указанные на Рисунке А2.3, распространяются только на три и более последовательно расположенных однопролетных строения. Для применения на мостах с однопролетным строением или с двумя последовательно расположенными однопролетными строениями или с двухпролетным неразрезным строением, значения  $L/\delta$ , указанные на Рисунке А2.3, умножают на 0,7. Для мостов с трехпролетными или многопролетными неразрезными строениями значения  $L/\delta$ , указанные на Рисунке А2.3, умножают на 0,9.

(6) Значения  $L/\delta$ , указанные на Рисунке А2.3, распространяются на пролеты длиной до 120 м. При больших пролетах требуется специальный расчет.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Требования к комфорту пассажиров на временных мостах допускается устанавливать в Национальном Приложении или для конкретного проекта.

**A2.4.4.3.3** Требования к динамическому расчету, выполняемому с учетом взаимодействия транспортного средства и моста для проверки комфорта пассажиров

(1) В динамическом расчете с учетом взаимодействия транспортного средства и моста принимают во внимание следующее:

iv) требуемый диапазон скоростей до установленной максимальной скорости;

v) характеристическую нагрузку от реальных поездов, указываемую для конкретного проекта в соответствии с EN 1991–2, 6.4.6.1.1;

vi) динамическое взаимодействие масс транспортных средств в реальном поезде и конструкций сооружения;

vii) характеристики амортизации и жесткости подвесок транспортных средств;

viii) необходимое количество транспортных средств для создания максимальной нагрузки на самом длинном пролете;

ix) необходимое количество пролетов в многопролетном сооружении для создания резонансных эффектов в подвесках транспортных средств.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Требование к неровности рельсового пути для динамического расчета с учетом взаимодействия транспортного средства и моста допускается устанавливать для конкретного проекта.

**Приложение В**  
*(информационное)*

**Обеспечение надежности в строительстве**

**B1 Пределы и область применения**

(1) Настоящее Приложение содержит дополнительные указания к подразделу 2.2 (обеспечение надежности) и к соответствующим Разделам EN 1991 – EN 1999.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Правила классификации уровней надежности сооружений в зависимости от их специфики определены Еврокодами, например, EN 1992, EN 1993, EN 1996, EN 1997 и EN 1998.

(2) В настоящем Приложении рекомендуются следующие процедуры обеспечения надежности сооружений (с учетом ULS – критических предельных состояний, исключая усталость):

(2) The approach given in this Annex recommends the following procedures for the management of structural reliability for construction works (with regard to ULSs, excluding fatigue) :

(2) Подход, приведенный в данном Приложении, рекомендует следующие процедуры управления конструктивной надежностью для строительных работ (строительства) (в отношении ULS (критических предельных состояний), за исключением усталости):

a) Принимая во внимание положения 2.2(5)b, предполагаемые последствия разрушений и повреждений сооружений разделяются на классы. Это позволяет установить некоторые умеренные различия в значениях частных коэффициентов для воздействий и сопротивлений для разных классов последствий разрушений; см. В3.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Для классификации уровня надежности может быть использован индекс  $\beta$  (см. Приложение С), при назначении которого учитывается общепринятая или предполагаемая статистическая изменчивость в эффектах воздействий и расчетных сопротивлениях, а также факторы неопределенности расчетной модели.

b) Принимая во внимание 2.2(5)c и 2.2(5)d, в В4 и В5 приведена процедура, позволяющая классифицировать разные типы строительных работ в зависимости от требований к проектированию и процессу строительства.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Меры контроля над качеством проектирования, подготовки технической документации и строительством, предусмотренные в В4 и В5, направлены на предотвращение разрушений строительных конструкций вследствие грубых ошибок и обеспечение их несущей способности, соответствующей проекту.

(3) Предлагаемая методика представлена таким образом, чтобы, при создании сооружения, при необходимости, имелась возможность обеспечивать различные уровни его надежности.

## B2 Символы

В настоящем приложении применяются следующие символы:

$K_{FI}$  – коэффициент, применяемый к воздействиям для классификации уровней надежности;

$\beta$  – индекс надежности.

## B3 Уровни надежности

### B3.1 Классы последствий

(1) С целью классификации надежности могут быть введены классы последствий (CC), признаки которых, характеризующие последствия разрушения или неисправности сооружений, указаны в Таблице В1.

Таблица В1 – Классы последствий

Классы последствий	Описание	Примеры зданий и гражданских инженерных сооружений
CC3	<b>Тяжелые</b> последствия для жизни людей или <b>очень большие</b> экономические, социальные или экологические последствия	Трибуны, общественные здания с тяжелыми последствиями разрушения (например, концертный зал)
CC2	<b>Средние</b> последствия для жизни людей, <b>значительные</b> экономические, социальные или экологические последствия	Жилые и офисные здания, другие общественные здания со средними последствиями отказа (например, офисное здание)
CC1	<b>Незначительные</b> последствия для жизни людей и <b>малые или незначительные</b> экономические, социальные или экологические последствия	Сельскохозяйственные здания без постоянного пребывания людей (например, склады), теплицы

(2) Критерием для классификации по последствиям является значимость сооружения или его конструктивных элементов в части последствий отказа; см. В3.3.

(3) В зависимости от конструктивной формы сооружения и решений, принятых при проектировании, отдельные элементы сооружения могут быть отнесены к тому же классу последствий, что и все сооружение, либо к более высокому классу или к более низкому классу.

ПРИМЕЧАНИЕ В настоящее время требования к надежности относятся к отдельным конструктивным элементам в строении.

### B3.2 Классификация по значениям $\beta$

(1) Классы надежности (RC) могут быть определены в соответствии с концепцией, использующей индекс надежности  $\beta$ .

(2) Три класса надежности – RC1, RC2 и RC3 – могут быть связаны с тремя классами последствий – CC1, CC2 и CC3.

(3) В Таблице В2 приведены рекомендации по минимальным значениям индекса надежности в зависимости от класса надежности (см. Приложение С).

**Таблица В2 – Рекомендуемые минимальные значения индекса надежности  $\beta$   
(для критических предельных состояний)**

Класс надежности	Минимальное значение индекса надежности $\beta$	
	Референтный период времени 1 год	Референтный период времени 50 лет
RC3	5,2	4,3
RC2	4,7	3,8
RC1	4,2	3,3

**ПРИМЕЧАНИЕ** Предполагается, что при применении EN 1990 и проектировании сооружений с использованием частных коэффициентов, приведенных в Приложении А1, а также в соответствии с EN 1991 – EN 1999, для референтного периода времени 50 лет индекс надежности будет иметь значение  $\beta \geq 3,8$ . Более высокие, чем RC3, классы надежности сооружений в настоящем Приложении не рассматриваются, поскольку для таких сооружений требуются специальные исследования.

### B3.3 Классификация посредством частных коэффициентов

(1) Один из путей учета различий в уровнях надежности является разграничение классов надежности по значениям частных коэффициентов  $\gamma_F$ , используемых в основных комбинациях для постоянных расчетных ситуаций. Например, для одних и тех же уровней контроля проектирования и строительства в дополнение к частным коэффициентам может быть применен повышающий коэффициент  $K_{FI}$  (см. Таблицу В3).

**Таблица В3 – Значения коэффициента  $K_{FI}$  для воздействий**

Коэффициент для воздействий	Класс надежности		
	RC 1	RC 2	RC 3
$K_{FI}$	0,9	1,0	1,1

**ПРИМЕЧАНИЕ** Для класса надежности RC3 вместо коэффициента  $K_{FI}$ , как правило, следует использовать другие мероприятия, описанные в настоящем Приложении. Коэффициент  $K_{FI}$  следует применять только для неблагоприятных воздействий.

(2) Классификация надежности возможна также через частные коэффициенты  $\gamma_m$ . Однако этот подход, обычно, не используется. Исключением является проверка усталостной прочности (см. EN 1993). См. также В6.

(3) Сопутствующие мероприятия, например, уровень контроля качества при проектировании и возведении (строительстве) сооружения, могут быть объединены с классами надежности посредством коэффициентов  $\gamma_F$ . Для этого в настоящем приложении принята трехуровневая система для контроля за процессом проектирования и строительства. Уровни проектного (авторского) надзора и уровни контроля предлагается ассоциировать с классами надежности.

(4) В некоторых случаях (например, для опор освещения, мачт и т.п.), по соображениям экономии сооружение целесообразно относить к классу надежности RC1, применяя более высокие уровни проектного (авторского) надзора и контроля.

#### **B4 Контроль качества проектирования**

(1) Контроль проектирования заключается в различных организационных мероприятиях по обеспечению качества, которые можно сочетать. Например, установление уровня контроля над проектированием (B4(2)) может применяться совместно с другими мероприятиями, такими как аттестация проектировщиков и проверки уполномоченными органами (B4(3)).

(2) В Таблице B.4 приведены три возможных уровня контроля за проектированием (DSL). Данные уровни можно сочетать с классами надежности, устанавливаемыми в зависимости от ответственности сооружения, требований национальных стандартов или заключения по проекту. Эти уровни реализуются путем принятия соответствующих мероприятий по управлению качеством; см. 2.5.

**Таблица B.4 – Уровни контроля за проектированием (DSL)**

<b>Уровни контроля за проектированием</b>	<b>Характеристики</b>	<b>Минимальные рекомендуемые требования для контроля расчетов, чертежей и спецификаций</b>
DSL3 относящийся к RC3	Усиленный контроль	Контроль независимой третьей стороной: контроль организацией, не зависящей от организации- разработчика проекта
DSL2 относящийся к RC2	Нормальный контроль	Контроль лицами, изначально не участвовавшими в разработке проекта, в соответствии с процедурой, принятой внутри организации
DSL1 относящийся к RC1	Нормальный контроль	Самоконтроль: выполняется лицом, который подготовил проект

(3) Уровни контроля проектирования могут включать также аттестацию и/или проверяющих специалистов (инженеров-контролеров, экспертов и т. д.) по их компетенции, организационной принадлежности и опыту проектирования подобных сооружений.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Аттестация может зависеть от вида строительных работ, используемых материалов и конструктивных особенностей сооружения.

(4) Как альтернатива, контроль проектирования может включать в себя более детальные и точные оценки характера и масштаба воздействий, которым будет подвержено сооружение, а так же активные или пассивные мероприятия по ограничению воздействий.

## B5 Инспекция (контроль качества) строительства

(1) В Таблице B5 указываются три возможных уровня контроля качества строительства (IL). Разные уровни контроля могут быть взаимоувязаны с классами управления качеством и реализованы через соответствующие мероприятия по управлению качеством (см. 2.5). Дальнейшие указания содержатся в стандартах на производство работ, на которые даются ссылки в EN 1992 – EN 1996 и EN 1999.

**Таблица B5 – Уровни инспекции (IL)**

Уровни контроля	Характеристики	Требования
IL3 относящийся к RC3	Усиленная инспекция	Инспекция независимой третьей стороной
IL2 относящийся к RC2	Нормальная инспекция	Специальная инспекция в соответствии с правилами организации
IL1 относящийся к RC1	Нормальная инспекция	Внутренняя инспекция

**ПРИМЕЧАНИЕ** Выбор уровней инспекции зависит от проверяемых объектов и компетентности проверяющих инспекций. Поскольку для различных строительных материалов применяются различные правила проверки, то они указываются в соответствующих стандартах на производство работ.

## B6 Частные коэффициенты для свойств сопротивления

(1) Частный коэффициент для свойств материала или изделия, а также сопротивления элемента могут быть понижены, если принятый класс инспекционного контроля выше, чем указанный в Таблице B5 и/или используются более строгие требования.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Проверки эффективности посредством испытаний элементов конструкции см. Раздел 5 и Приложение D.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Правила для различных строительных материалов могут быть найдены по ссылке в EN 1992 – EN 1999.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Указанное снижение, учитывающее, например, неопределенность расчетных моделей и размерные вариации, не является мероприятием по классификации надежности: это лишь компенсирующее мероприятие, позволяющее обеспечить надлежащий уровень надежности в зависимости от эффективности мер контроля.

**Приложение С**  
*(информационное)*

**Основы проектирования методом частных коэффициентов и анализ надежности**

**C1 Пределы и область**

(1) В данном Приложении приведена информация и теоретические основы метода частных коэффициентов, описанного в Разделе 6 и Приложении А. Настоящее Приложение содержит также основы положений, принятых в Приложении D, и является важным по отношению к Приложению В.

(2) Настоящее Приложение содержит также информацию:

- по методам надежности конструкций;
- по применению методов, основанных на определении расчетных значений воздействий и/или частных коэффициентов, используемых в расчетных Выражениях;
- по форматам расчетных проверок в Еврокодах.

**C2 Символы**

В настоящем приложении применяются следующие символы:

*Прописные буквы латинского алфавита*

- $P_f$  – вероятность отказа;  
 $\text{Prob}(.)$  – вероятность;  
 $P_s$  – вероятность безотказной работы;

*Строчные буквы латинского алфавита*

- $a$  – геометрический размер;  
 $g$  – функция, характеризующая эксплуатационные качества.

*Прописные буквы греческого алфавита*

$\Phi$  – функция кумулятивного распределения стандартного нормального распределения.

*Строчные буквы греческого алфавита*

- $\alpha_E$  – коэффициент чувствительности для эффектов воздействий, соответствующий методу FORM (Метод надежности первого порядка);  
 $\alpha_R$  – коэффициент чувствительности для расчетных сопротивлений, соответствующий методу FORM (Метод надежности первого порядка);  
 $\beta$  – индекс надежности;  
 $\theta$  – неопределенность модели;  
 $\mu_X$  – среднее значение для  $X$ ;  
 $\sigma_X$  – стандартное отклонение для  $X$ ;

$V_X$  – коэффициент вариации для  $X$ .

### C3 Введение

(1) В методе частных коэффициентов принято, что расчетные значения базисных переменных (воздействий, расчетных сопротивлений и геометрических свойств) устанавливаются при помощи частных коэффициентов и коэффициентов  $\psi$ . При этом выполняются проверки, результаты которых должны гарантировать, что ни одно значимое предельное состояние не будет превышено (см. С7).

ПРИМЕЧАНИЕ Раздел 6 в настоящем стандарте относится к расчетным значениям воздействий, эффектам воздействий, расчетным значениям свойств строительных материалов и изделий, а также геометрическим данным.

(2) В принципе, численные значения для частных коэффициентов и коэффициентов  $\psi$  могут быть определены следующим образом:

а) на основании многолетнего опыта проектирования;

ПРИМЕЧАНИЕ Большинство частных коэффициентов и коэффициентов  $\psi$ , приведенных в настоящее время в Еврокодах, определено с соблюдением этого основополагающего принципа.

б) на основе статистической оценки результатов испытаний или наблюдений в процессе эксплуатации. (Для реализации этого подхода необходимо использовать вероятностную теорию надежности).

(3) При использовании метода 2б) непосредственно или в комбинации с методом 2а), частные коэффициенты для разных материалов и воздействий, принимаемые при проверке критических предельных состояний, следует назначать таким образом, чтобы уровни надежности для репрезентативных сооружений (конструкций) были, насколько это возможно, близки к заданному индексу надежности (см. С6).

### C4 Обзор методов надежности

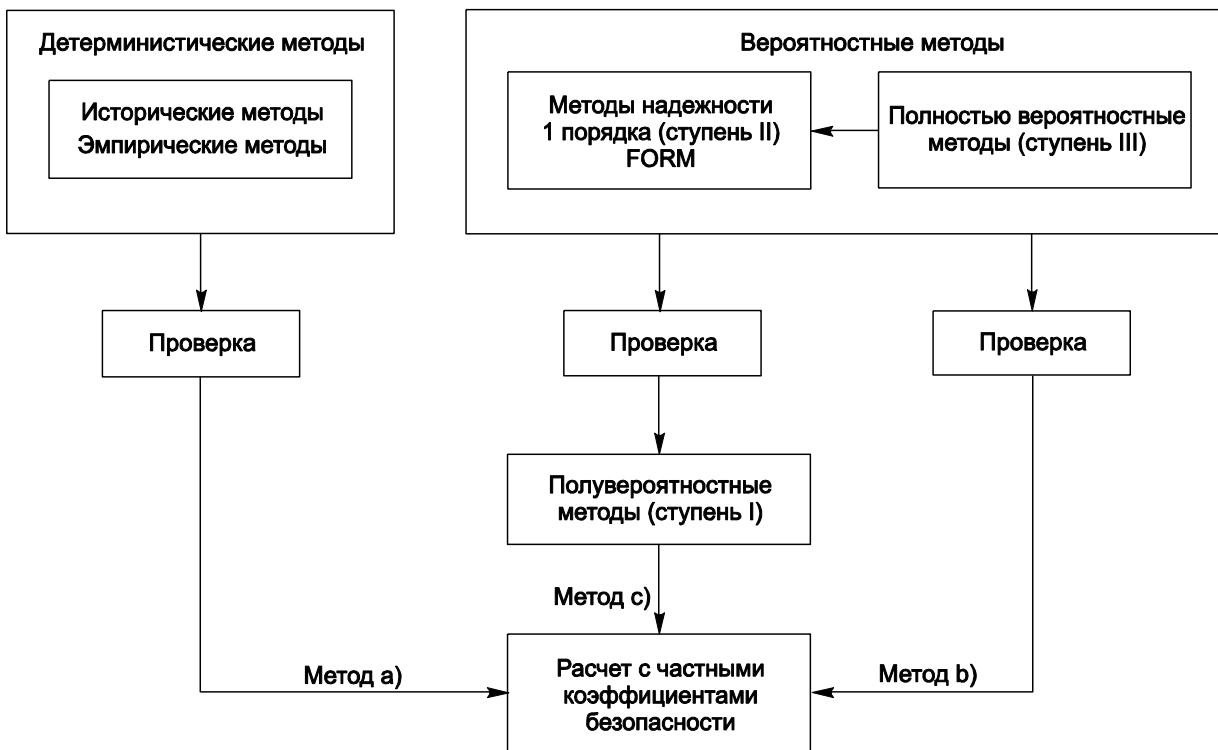
(1) Рисунок С1 представляет собой краткий схематический обзор различных методов, используемых для проверки (калибровки) частных коэффициентов (предельных состояний) в расчетных формулах, и взаимосвязь между этими методами.

(2) Вероятностные методы определения частных коэффициентов можно подразделить на два основных класса:

- полностью вероятностные методы (уровень III); и
- методы надежности первого порядка (FORM) (уровень II).

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Полностью вероятностные методы (уровень III), в принципе, дают точные сведения при решениях задач надежности. Методы уровня III редко используется при нормировании из-за отсутствия достаточного количества статистических данных.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Методы уровня II используют надежные четко определенные приближения и приводят к результатам, которые в большинстве случаев дают достаточно точные результаты.



**Рисунок С1 – Обзор методов надежности**

(3) В методах уровней II и III мера надежности должна отождествляться с вероятностью безотказной работы  $P_s = (1 - P_f)$ , где  $P_f$  – вероятность рассматриваемого отказа за референтный период времени. Если рассчитанная вероятность отказа выше заданной ожидаемой величины  $P_0$ , то сооружение рассматривается как ненадежное.

ПРИМЕЧАНИЕ «Вероятность отказа» и соответствующий ей индекс надежности (см. С5) являются лишь некоторыми номинальными величинами, которые не обязательно представляют действительные отказы, но используются для проверки нормативных положений и для сравнения уровней надежности различных сооружений.

(4) Первоначально Еврокоды основывались, прежде всего, на методе *a*) (см. Рисунок С1). Метод *c*) или эквивалентные методы применялись, главным образом, при дальнейшем развитии Еврокодов.

ПРИМЕЧАНИЕ Примером эквивалентного метода является проектирование с помощью испытаний (см. приложение D).

### C5 Индекс надежности $\beta$

(1) В методах уровня II индекс надежности  $\beta$  рассматривается как альтернативный показатель надежности, связанный с  $P_f$  соотношением:

$$P_f = \Phi(-\beta), \quad (C.1)$$

где

$\Phi$  – является функцией кумулятивного распределения стандартного нормального распределения. Зависимость между  $P_f$  и  $\beta$  указана в Таблице С1.

**Таблица С1 – Зависимость между  $\beta$  и  $P_f$**

$P_f$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$
$\beta$	1,28	2,32	3,09	3,72	4,27	4,75	5,20

(2) Вероятность отказа  $P_f$  может быть выражена через функцию эксплуатационных качеств  $g$  таким образом, что конструкция считается сохраняющей работоспособность, если  $g > 0$  и, неработоспособной, если  $g \leq 0$ :

$$P_f = \text{Prob}(g \leq 0). \quad (\text{C.2a})$$

Если  $R$  -сопротивление, а  $E$  - эффект воздействия, то функция эксплуатационных качеств  $g$ :

$$g = R - E, \quad (\text{C.2b})$$

при  $R, E$  и  $g$  – случайные переменные.

(3) При нормальном распределении  $g$ ,  $\beta$  определяется по формуле:

$$\beta = \frac{\mu_g}{\sigma_g}, \quad (\text{C.2c})$$

где

$\mu_g$  – среднее значение  $g$ ;

$\sigma_g$  – стандартное отклонение,

таким образом:

$$\mu_g - \beta\sigma_g = 0 \quad (\text{C.2d})$$

и

$$P_f = \text{Prob}(g \leq 0) = \text{Prob}(g \leq \mu_g - \beta\sigma_g) \quad (\text{C.2e})$$

При других распределениях, отличных от нормального,  $\beta$  можно рассматривать как обычный показатель надежности:

$$P_s = (1 - P_f).$$

## C6 Целевые значения индекса надежности $\beta$

(1) В Таблице С2 указаны целевые значения индекса надежности  $\beta$  для различных расчетных ситуаций за референтные периоды времени 1 год и 50 лет. Значения  $\beta$  в Таблице С2 соответствуют уровню безопасности для класса надежности RC2 (см. Приложение В) конструктивных элементов.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 При оценках значений  $\beta$  использовались:

– логнормальное распределение или распределение Вэйбулла – для параметров материалов, расчетных сопротивлений и неопределенностей модели;

# СП РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 EN 1990:2002+A1:2005(E)

- нормальное распределение – для описания нагрузок от собственного веса;
- нормальное распределение (для упрощения) – для переменных воздействий, за исключением воздействий, вызывающих усталостные явления. В данном случае более корректно использовать экстремальные значения.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** В тех случаях, когда основная неопределенность связана с воздействиями, которые имеют статистически независимые годовые максимумы, то для разных референтных периодов времени значение  $\beta$  можно определить с помощью следующего выражения:

$$\Phi(\beta_n) = [\Phi(\beta_1)]^n, \quad (C.3)$$

где

- $\beta_n$  – индекс надежности для референтного периода времени  $n$  лет;
- $\beta_1$  – индекс надежности для референтного периода времени 1 год.

**Таблица С2 – Целевой индекс надежности  $\beta$  для конструктивных элементов класса RC2<sup>1)</sup>**

Предельное состояние	Целевое значение индекса надежности	
	1 год	50 лет
Критическое	4,7	3,8
Усталость		1,5 – 3,8 <sup>2)</sup>
Эксплуатационная пригодность (необратимая)	2,9	1,5

<sup>1)</sup> См. Приложение В.  
<sup>2)</sup> Зависит от степени доступности для осмотра, ремонтопригодности и допускаемых повреждений.

(2) Фактическая частота отказов в значительной мере взаимосвязана с человеческим фактором, который не учитывается при использовании частных коэффициентов (См. Приложение В). Таким образом, значение  $\beta$  не обязательно соответствует фактической частоте отказов сооружения.

## C7 Проверки расчетных значений

(1) В методе с применением расчетных значений для проверки надежности (см. Рисунок С1) необходимо определить расчетные значения для всех базисных переменных. Проектные решения считаются достаточными, если при принятых в расчетных моделях расчетных значениях не происходит превышения предельных состояний. Символически это можно выразить следующим образом:

$$E_d < R_d, \quad (C.4)$$

где индекс "d" относится к расчетным значениям. Это практический способ гарантирует, что показатель надежности  $\beta$  равен или больше, чем целевое значение.

$E_d$  и  $R_d$  символически можно представить следующим образом:

$$E_d = E \{F_{d1}, F_{d2} \dots a_{d1}, a_{d2} \dots \theta_{d1}, \theta_{d2} \dots\}, \quad (C.5a)$$

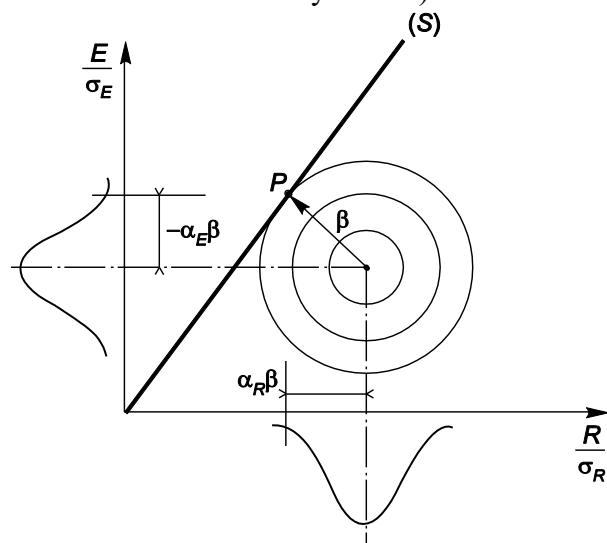
$$R_d = R \{X_{d1}, X_{d2} \dots a_{d1}, a_{d2} \dots \theta_{d1}, \theta_{d2} \dots\}, \quad (C.5b)$$

где

- $E$  – эффект воздействия;
- $R$  – сопротивление (несущая способность);
- $F$  – воздействие;
- $X$  – свойство строительного материала;
- $a$  – геометрическое свойство;
- $\theta$  – неопределенность модели.

Для некоторых предельных состояний (например, связанных с усталостью), может потребоваться более точная формулировка предельного состояния.

(2) Расчетные значения должны быть основаны на значениях базисных переменных в расчетной точке FORM (метод надежности первого порядка), которая определена как точка на поверхности отказа ( $g=0$ ), ближайшая к средней точке в пространстве нормализованных переменных (как схематично показано на Рисунке C2).



$(S)$  – функция эксплуатационных качеств  $g = R - E = 0$ ;

$P$  – расчетная точка

**Рисунок С2 – Расчетная точка и индекс надежности  $\beta$ , соответствующий методу надежности первого порядка (FORM) при нормальном распределении некоррелированных переменных**

(3) Расчетные значения эффектов воздействий  $E_d$  и сопротивления  $R_d$  должны быть определены таким образом, чтобы они имели следующую вероятность реализации неблагоприятных значений:

$$P(E > E_d) = \Phi(+\alpha_E \beta), \quad (C.6a)$$

$$P(R \leq R_d) = \Phi(-\alpha_R \beta), \quad (C.6b)$$

где

$\beta$  – целевой индекс надежности (см. С6);

$\alpha_E, \alpha_R$  при  $|\alpha| \leq 1$  – являются значениями коэффициентов чувствительности для метода надежности первого порядка (FORM). Значение  $\alpha$  является отрицательным для неблагоприятных воздействий и эффектов воздействий, и положительным для сопротивлений.

$\alpha_E$  и  $\alpha_R$  могут быть приняты  $\alpha_E = -0,7$  и  $\alpha_R = 0,8$ , если будет выполнено условие:

$$0,16 < \sigma_E / \sigma_R < 7,6 \quad (\text{C.7})$$

где  $\sigma_E$  и  $\sigma_R$  – являются стандартными отклонениями для эффекта воздействия  $E$  и сопротивления  $R$ , соответственно, в Выражениях (С.6а) и (С.6б). В этом случае:

$$P(E > E_d) = \Phi(-0,7\beta) \quad (\text{C.8a})$$

$$P(R \leq R_d) = \Phi(-0,8\beta) \quad (\text{C.8b})$$

(4) Если условие (С.7) не выполнено, следует применять  $\alpha = \pm 1,0$  для переменной с более высоким стандартным отклонением и  $\alpha = \pm 0,4$  – для переменной с меньшим стандартным отклонением. (*Изм.ред. – Приказ КДСиЖКХ от 12.08.2025 г. №117-НК*).

(5) Если модель воздействия содержит несколько базисных переменных, то Выражение (С.8а) распространяется только на доминирующее переменное воздействие. Для сопутствующих воздействий расчетные значения допускается определять по формуле:

$$P(E > E_d) = \Phi(-0,4 \times 0,7 \times \beta) = \Phi(-0,28\beta) \quad (\text{C.9} *)$$

**ПРИМЕЧАНИЕ** Для  $\beta = 3,8$  значения, определяемые Выражением (С.9), соответствуют приблизительно квантилю 0,90.

**(Изм.ред. – Приказ КДСиЖКХ от 12.08.2025 г. №117-НК)**

(6) Выражения, приведенные в Таблице С3, следует использовать для получения расчетных значений переменных с заданным распределением вероятности.

(7) В соответствии с одним из методов, для определения соответствующего частного коэффициента необходимо разделить расчетное значение переменного воздействия на его репрезентативное или характеристическое значение.

**Таблица С3 – Расчетные значения для различных функций распределения**

Распределение	Расчетные значения
Нормальное	$\mu - \alpha\beta\sigma$
Логнормальное	$\mu \exp(-\alpha\beta V)$ для $V = \sigma/\mu < 0,2$
По Гумбелю	$u - \frac{1}{a} \ln \{-\ln \Phi(-\alpha\beta)\}$ при $u = \mu - \frac{0,577}{a}$ ; $a = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}}$

**Таблица С3 (продолжение)**

**ПРИМЕЧАНИЕ** В данных выражениях:  $\mu$  – среднее значение,  $\sigma$  – стандартное отклонение и  $V$  – коэффициент вариации для соответствующей переменной. При переменных воздействиях данные значения должны относиться к такому же референтному периоду времени, как индекс  $\beta$ .

## **C8 Проверки надежности в Еврокодах**

(1) В EN 1990 – EN 1999 расчетные значения базисных переменных  $X_d$  и  $F_d$ , как правило, не используются непосредственно в расчетных формулах. Чаще используются их репрезентативные значения  $X_{rep}$  и  $F_{rep}$ , а именно:

- характеристические значения, то есть значения с заданной или предполагаемой вероятностью превышения, например, для воздействий, свойств материалов и геометрических параметров (см. также 1.5.3.14, 1.5.4.1 и 1.5.5.1);

- номинальные значения, которые применяются как характеристические значения для показателей свойств материалов (см. 1.5.4.3) и как расчетные значения для геометрических свойств (см. 1.5.5.2).

(2) Для получения расчетных значений  $X_d$  и  $F_d$  репрезентативные значения  $X_{rep}$  и  $F_{rep}$  делятся или умножаются на соответствующие частные коэффициенты.

**ПРИМЕЧАНИЕ** См. также Выражение (C.10).

(3) Расчетные значения воздействий  $F$ , показателей свойств материалов  $X$  и геометрических свойств  $a$  определяются по Выражениям (6.1), (6.3) и (6.4), соответственно.

В тех случаях, когда используется верхнее значение расчетного сопротивления (см. 6.3.3), то Выражение (6.3) принимает вид:

$$X_d = \gamma_f \gamma_m X_{k,sup} \quad (\text{C.10})$$

где  $\gamma_f$  – соответствующий коэффициент, имеющий значение больше единицы.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Выражение (C.10) может применяться в случае расчета по несущей способности.

(4) При неопределенностях моделей расчетные значения могут быть включены в расчетные Выражения через частные коэффициенты  $\gamma_{sd}$  и  $\gamma_{rd}$ , применяемые по отношению к общей модели, так чтобы:

$$E_d = \gamma_{sd} E \{ \gamma_{gj} G_{kj}; \gamma_p P; \gamma_{q1} Q_{k1}; \gamma_{qi} \psi_{0i} Q_{ki}; a_d \dots \} \quad (\text{C.11})$$

$$R_d = R \{ \eta X_k / \gamma_m; a_d \dots \} / \gamma_{rd} \quad (\text{C.12})$$

(5) Для одновременно действующих сопутствующих переменных воздействий коэффициент  $\psi$ , учитывающий снижение расчетных значений переменных воздействий, может быть представлен в виде одного из коэффициентов  $\psi_0$ ,  $\psi_1$  или  $\psi_2$ .

(6) При необходимости в Выражениях (C.11) и (C.12) могут быть приняты следующие упрощения:

а) в отношении нагрузки (при одном воздействии или при линейных эффектах воздействий)

$$E_d = E\{\gamma_{F,i} F_{rep,i}, a_d\} \quad (\text{C.13})$$

b) в отношении сопротивления необходимо использовать Выражение (6.6), а его дальнейшие упрощения могут быть приведены в соответствующем Еврокоде. Упрощения должны быть сделаны только в том случае, если уровень надежности при этом не снижается.

**ПРИМЕЧАНИЕ** В Еврокодах могут встречаться также нелинейные модели сопротивлений и воздействий, а также модели многовариантных воздействий или сопротивлений. В этих случаях указанные соотношения становятся более сложными.

## C9 Частные коэффициенты в EN 1990

- (1) Различные частные коэффициенты, принятые в EN 1990, определены в 1.6.
- (2) Взаимосвязь между частными коэффициентами, принятыми в Еврокодах, схематично показана на Рисунке С3.



Рисунок С3 – Взаимосвязь между отдельными частными коэффициентами

## C10 Коэффициенты $\psi_0$

(1) В Таблице С4 приведены Выражения для определения коэффициентов  $\psi_0$  (см. Раздел 6) в случае двух переменных воздействий.

(2) Выражения в Таблице С4 основываются на следующих предположениях и условиях:

- оба комбинируемых воздействия независимы друг от друга;
- базовый период времени ( $T_1$  или  $T_2$ ) для каждого воздействия является постоянной величиной;  $T_1$  – более продолжительный базовый период;
- значения воздействий в течение базовых периодов времени являются постоянными величинами;
- значения воздействий в соответствующие базовые периоды времени являются не коррелированными величинами;
- оба воздействия представляют собой эргодические случайные процессы.

(3) Функции распределения в Таблице С4 соответствуют максимальным значениям в течение референтного периода времени  $T$ . Эти функции распределения являются общими

функциями, которые учитывают вероятность того, что значение воздействия в течение некоторых периодов времени равно нулю.

**Таблица С4 – Выражения для  $\psi_0$  для случая с двумя переменными воздействиями**

Распределение	$\psi_0 = F_{\text{сопутствующее воздействие}} / F_{\text{доминирующее воздействие}}$
Общее	$\frac{F_s^{-1}\{\Phi(0,4\beta')^{N_1}\}}{F_s^{-1}\{\Phi(0,7\beta)^{N_1}\}},$ где $\beta' = -\Phi^{-1}\{\Phi(-0,7\beta) / N_1\}$
Распределение для очень больших $N_1$	$\frac{F_s^{-1}\{\exp[-N_1\Phi(-0,4\beta')]\}}{F_s^{-1}\{\Phi(0,7\beta)\}},$ где $\beta' = -\Phi^{-1}\{\Phi(-0,7\beta) / N_1\}$
Нормальное распределение (аппроксимация)	$\frac{1 + (0,28\beta - 0,7 \ln N_1)V}{1 + 0,7\beta V}$
Распределение по Гумбелю (аппроксимация)	$\frac{1 - 0,78V[0,58 + \ln(-\ln\Phi(0,28\beta)) + \ln N_1]}{1 - 0,78V[0,58 + \ln(-\ln\Phi(0,7\beta))]}$
<p><math>F_s(\cdot)</math> – функция распределения экстремального значения сопутствующего воздействия в течение референтного периода времени <math>T</math>;</p> <p><math>\Phi(\cdot)</math> – функция стандартного нормального распределения;</p> <p><math>T</math> – референтный период времени;</p> <p><math>T_1</math> – наибольший базисный период времени для комбинируемых воздействий;</p> <p><math>N_1</math> – отношение <math>T/T_1</math>, аппроксимированное до ближайшего целого числа;</p> <p><math>\beta</math> – индекс надежности;</p> <p><math>V</math> – коэффициент вариации сопутствующего воздействия для референтного периода времени.</p>	

**Приложение D**  
*(информационное)*

**Проектирование на основании результатов испытаний**

**D1 Область и пределы применения**

- (1) В настоящем Приложении приведены указания к 3.4, 4.2 и 5.2.
- (2) Настоящее Приложение не предназначено для замены правил приемки, приведенных в гармонизированных Европейских технических условиях на изделия, других технических условиях на изделия или стандартах на строительство.

**D2 Символы**

В настоящем приложении использованы следующие символы:

*Прописные буквы латинского алфавита*

- $E(.)$  – среднее значение (.)  
 $V$  – коэффициент вариации [ $V = (\text{стандартное отклонение})/(\text{среднее значение})$ ];  
 $V_X$  – коэффициент вариации для  $X$ ;  
 $V_\delta$  – оценочное значение для коэффициента вариации вектора ошибок  $\delta$ ;  
 $\underline{X}$  – ряд из  $j$  базисных переменных  $X_1 \dots X_j$ ;  
 $X_{k(n)}$  – характеристическое значение с учетом статистической неопределенности для выборки из  $n$  проб, но без учета любого коэффициента конверсии;  
 $\underline{X}_m$  – ряд средних значений базисных переменных;  
 $\underline{X}_n$  – ряд номинальных значений базисных переменных.

*Строчные буквы латинского алфавита*

- $b$  – коэффициент коррекции;  
 $b_i$  – коэффициент коррекции для испытания образца  $i$ ;  
 $g_{\text{rt}}(\underline{X})$  – функция сопротивления (базисной переменной  $\underline{X}$ ), принимаемая в качестве расчетной модели;  
 $k_{d,n}$  – квантиль расчетных значений;  
 $k_n$  – квантиль характеристических значений;  
 $m_X$  – среднее значение результатов испытаний для  $n$  образцов;  
 $n$  – количество экспериментов или численных результатов испытаний;  
 $r$  – значение сопротивления;  
 $r_d$  – расчетное значение сопротивления;  
 $r_e$  – экспериментальное значение сопротивления;  
 $r_{ee}$  – экстремальное значение (максимум или минимум) экспериментального сопротивления [т. е. значение  $r_e$ , имеющее наибольшее отклонение от среднего значения  $r_{em}$ ];  
 $r_{ei}$  – экспериментальное значение сопротивления для образца  $i$ ;  
 $r_{em}$  – среднее значение экспериментального сопротивления;  
 $r_k$  – характеристическое значение сопротивления;

$r_m$	– значение сопротивления, определенное по средним значениям массива $\underline{X}_m$ базисных переменных;
$r_n$	– номинальное значение сопротивления;
$r_t$	– теоретическое значение сопротивления, определенное на основании функции $g_n(\underline{X})$ ;
$r_{ti}$	– теоретическое значение сопротивления, определенное на основании измеренных параметров $\underline{X}$ для образца $i$ ;
$s$	– оценочное значение для стандартного отклонения $\sigma$ ;
$s_\Delta$	– оценочное значение для $\sigma_\Delta$ ;
$s_\delta$	– оценочное значение для $\sigma_\delta$ .

*Прописные буквы греческого алфавита*

$\Phi$	– кумулятивная функция стандартного нормального распределения;
$\Delta$	– логарифм для вектора ошибок $\delta$ , [ $\Delta_i = \ln(\delta_i)$ ];
$\bar{\Delta}$	– оценочное значение для $E(\Delta)$ .

*Строчные буквы греческого алфавита*

$\alpha_E$	– коэффициент чувствительности для эффектов воздействия, соответствующий FORM (методу надежности первого порядка);
$\alpha_R$	– коэффициент чувствительности для сопротивления по FORM (методу надежности первого порядка);
$\beta$	– индекс надежности;
$\gamma_M^*$	– скорректированный частный коэффициент для сопротивлений [ $\gamma_M^* = r_n/r_d$ или $\gamma_M^* = k_c \gamma_M$ ];
$\delta$	– вектор ошибок;
$\delta_i$	– вектор ошибок для $i$ -ого образца, полученный в результате сравнения экспериментального сопротивления $r_{ei}$ и среднего значения скорректированного теоретического сопротивления $br_{ti}$ ;
$\eta_d$	– расчетное значение коэффициента конверсии (не включенного в частный коэффициент для сопротивления $\gamma_M$ );
$\eta_k$	– коэффициент редукции, учитывающий предварительную информацию;
$\sigma$	– стандартное отклонение [ $\sigma = \sqrt{\text{дисперсия}}$ ];
$\sigma_\Delta^2$	– дисперсия случайной величины $\Delta$ .

### D3 Виды испытаний

(1) Необходимо различать следующие виды испытаний:

- испытания, выполняемые с целью непосредственного определения предельного сопротивления или эксплуатационных свойств сооружения или его конструктивных элементов при заданных условиях нагружения. Такие испытания могут выполняться, например, для нагрузок, приводящих к усталостному разрушению или для ударных нагрузок;

б) испытания, выполняемые с целью выявления специфических свойств строительных материалов с помощью специальных процедур, например, исследования грунта на строительной площадке или в лаборатории или испытания новых строительных материалов;

с) испытания, выполняемые с целью уменьшения неопределенностей в значениях воздействий или вызванных ими эффектов, например, аэродинамические испытания или испытания по определению волновых нагрузок или нагрузок от течений;

д) испытания, выполняемые с целью уменьшения неопределенностей параметров, используемых в моделях сопротивления, например, испытания элементов или групп элементов сооружения (например, конструкций покрытий и перекрытий);

е) контрольные испытания, выполняемые для проверки идентичности, качества или соответствия поставляемых изделий, например, испытание канатов для мостов или испытание бетонных кубиков;

ф) испытания, выполняемые во время производства работ для подтверждения показателей возведенной части сооружения; например, испытания свай, определение усилий в канатах мостов во время производства строительных работ;

г) контрольные испытания, выполняемые для проверки сооружения или конструктивных элементов после завершения строительных работ, например, определение упругого отклонения, частот собственных колебаний или демпфирования.

(2) При необходимости определения расчетных значений по результатам испытаний (а), (б), (с) или (д) следует применять статистические методы, см. D5 – D8.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Для обработки результатов испытаний типа (с) могут потребоваться специальные методы.

(3) Для объектов, в период проектирования которых экспериментальные данные отсутствовали, виды испытаний (е), (ф) или (г) можно рассматривать как приемо-сдаточные испытания. Расчетные значения, применяемые при проектировании таких объектов, должны назначаться на основании консервативных оценок, которые в последующем смогут удовлетворить критериям приемки по результатам испытаний (виды (е), (ф), (г)).

#### **D4 Программа испытаний**

(1) До проведения испытаний, программа испытаний должна быть согласована с организацией, проводящей испытания. Программа должна содержать цели испытаний, требования к выбору и изготовлению образцов, методику проведения и оценки результатов испытаний. В частности программа должна включать описание:

- цели и области испытаний;
- прогноза результатов испытаний;
- требований к испытываемым образцам и отбору проб;
- условий нагружения;
- перечня испытательного оборудования и порядка проведения испытаний;
- методику проведения испытаний и измерений;
- методику обработки результатов испытаний и составления отчетов по результатам испытаний.

*Цель и область испытаний:* Цель испытаний должна быть четко сформулирована; например, указаны определяемые характеристики, влияние на них других расчетных параметров, варьируемых во время испытаний и диапазон, в пределах которого они могут использоваться. Кроме того, должны быть указаны ограничения на проведение испытаний и требуемая корректировка их результатов (например, учет масштабного эффекта).

*Прогноз результатов испытаний:* Следует учесть все показатели и обстоятельства, которые могут повлиять на прогнозируемые результаты испытаний, включая:

- геометрические параметры и их изменчивость;
- геометрические несовершенства;
- свойства материалов;
- влияние методов изготовления и строительства;
- масштабные эффекты, связанные с влиянием окружающей среды и с учетом, при необходимости, любой установленной последовательности.

В программе следует описать ожидаемые виды отказа и/или расчетные модели в сочетании с соответствующими переменными. При невозможности прогнозирования вида отказа, программа испытаний должна основываться на результатах предварительных опытно-производственных испытаний.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Следует учитывать, что конструктивный элемент может иметь несколько принципиально разных видов отказа.

*Требования к испытываемым образцам и отбору проб:* Испытываемые образцы должны быть отобраны таким образом, чтобы они соответствовали реальным условиям эксплуатации сооружения.

При этом необходимо учитывать следующее:

- размеры и допуски;
- материалы и процесс изготовления образцов-прототипов;
- количество испытываемых образцов;
- процедуры отбора проб;
- ограничения.

Целью процедуры отбора является получение статистически репрезентативных образцов.

Следует иметь в виду, что возможные различия между испытываемыми образцами и номенклатурным изделием могут повлиять на результаты испытаний.

*Условия нагружения:* При проведении испытаний должны быть указаны условия нагружения и окружающей среды:

- места приложения нагрузки;
- «история» нагружения;
- способы фиксации и заделки;
- температура;
- относительная влажность;
- нагрузления, задаваемые перемещениями или контролируемыми силами и т. д.

Последовательность нагружения должна соответствовать предполагаемому использования конструктивных элементов, как при нормальных, так и при тяжелых

условиях эксплуатации. При необходимости следует принимать во внимание возможные взаимосвязи между реакцией элемента конструкции и испытательной установкой, используемой для применения нагрузки.

Когда конструктивное поведение зависит от эффектов одного или нескольких воздействий, которые не будут практически изменяться во времени, следует использовать их репрезентативные значения.

*Испытательное оборудование:* Испытательное оборудование должно обеспечивать проведение планируемых видов испытаний в ожидаемом диапазоне измерений. Особое внимание следует обратить на обеспечение достаточной прочности и жесткости нагружочной и поддерживающей оснастки, необходимых зазоров для перемещений и т.д.

*Измерения:* До проведения испытания следует указать все параметры испытываемых образцов, которые должны быть измерены. Кроме того следует указать:

- a) места измерений;
- b) процедуру записи результатов, включая, если это необходимо:
  - изменение перемещений во времени;
  - скоростей;
  - ускорений;
  - деформаций;
  - сил и давления;
  - частоту колебаний;
  - точность измерений;
  - соответствующие измерительные приборы.

*Обработка результатов и составление отчетов:* Специальные указания содержатся в D5 – D8. Следует указать все стандарты, в соответствии с которыми проведены испытания.

## **D5 Определение расчетных значений**

(1) Определение по результатам испытаний расчетных значений показателей свойств материалов, параметров модели или сопротивлений должно осуществляться одним из следующих способов:

а) путем определения характеристических значений, которые следует разделить на частный коэффициент и, возможно, умножить, если необходимо, на коэффициент конверсии (см. D7.2 и D8.2);

б) путем прямого определения расчетного значения, явно или неявно учитывая преобразование результатов и требования к общей надежности (см. D7.3 и D8.3).

**ПРИМЕЧАНИЕ** Если частный коэффициент определяется по стандартной расчетной процедуре (см. подпункт (3)), как правило, предпочтительно использовать метод а).

(2) При определении характеристического значения по результатам испытаний (метод (а)) следует учитывать:

- а) разброс результатов испытаний;

б) статистическую неопределенность, связанную с ограниченным количеством испытаний;

с) имеющиеся статистические данные.

(3) При наличии достаточного сходства между результатами испытаний и расчетами, проводимыми с применением частных коэффициентов, для характеристического значения следует применять частный коэффициент по соответствующему Еврокоду.

(4) Если реакция сооружения или конструктивного элемента или сопротивление материала зависят от факторов, недостаточно учитываемых при испытаниях, например, таких как:

- время и продолжительность воздействий;
- масштаб и размеры эффектов;
- различные условия окружающей среды и приложения нагрузок, граничные условия;
- эффекты сопротивления,

то эти факторы, при необходимости, следует учитывать в расчетных моделях.

(5) В особых случаях, при использовании метода D5(1)b), при определении расчетных значений следует принимать во внимание:

- определяющие предельные состояния;
- требуемый уровень надежности;
- возможность использования допущений при описании воздействий в Выражении (C.8a);
- при необходимости, требуемый расчетный срок эксплуатации;
- предварительную информацию об аналогичных случаях.

ПРИМЕЧАНИЕ Дальнейшие указания см. в D6, D7 и D8.

## D6 Общие принципы статистических оценок

(1) При оценке результатов испытаний следует сначала сравнить поведение тестовых образцов и виды их отказа с теоретическими прогнозами. В том случае, если возникают значительные различия с прогнозами, то их необходимо обосновать; это может привести к необходимости дополнительных испытаний, возможно, при других условиях, или к изменениям теоретической модели.

(2) Оценка результатов испытаний должна производиться статистическими методами с использованием доступной информации (статистической) об используемом типе распределения и его ассоциированных параметрах. Методы, описанные в настоящем приложении, допускается применять при соблюдении следующих условий:

- статистические данные (включая предварительную информацию) заимствованы из отождествленных достаточно однородных совокупностей;
- имеется достаточное число наблюдений (измерений).

ПРИМЕЧАНИЕ При интерпретации результатов испытаний можно выделить три основные категории:

– в случае проведения только одного испытания (или очень малого количества испытаний) классическая статистическая интерпретация невозможна. Только при наличии обширной предварительной информации, связанной с гипотезами об относительной важности этой

информации и результатами испытаний, можно представить такую интерпретацию как статистический вывод (метод Байша, см. ISO 12491);

– даже при большой серии испытаний классическая статистическая интерпретация результатов испытаний может оказаться невозможной. Общие случаи рассматриваются, например, в D7. Для данной интерпретации также требуется наличие предварительной информации о параметре, но в меньшем объеме, чем указано выше;

– классическая статистическая интерпретация возможна при проведении серии испытаний с целью проверки расчетной модели (в форме функции) и одного или нескольких взаимосвязанных (ассоциированных) параметров.

(3) Интерпретации результатов испытаний могут считаться действительными только для условий испытаний и условий нагружений, принятых в испытаниях. При распространении результатов испытаний на другие условия и нагрузки необходимо использовать предварительную информацию о результатах предыдущих испытаний или теоретических исследований.

## **D7 Статистическое определение отдельных параметров**

### **D7.1 Общие положения**

(1) В настоящем разделе приведены способы получения расчетных значений для отдельного параметра (например, прочности) на основании испытаний типов (a) и (b) в D3(3), при применении методов оценки (a) и (b) в D5(1).

**ПРИМЕЧАНИЕ** Указанные здесь Выражения, в которых используют метод Байша с «неконкретными» предварительными распределениями, приводят примерно к тем же результатам, что и классические методы с уровнем достоверности 0,75.

(2) В качестве отдельного показателя  $X$  может рассматриваться:

- a) сопротивление изделия;
- b) свойство, способствующее сопротивлению изделия.

(3) В случае а) можно применять методы в D7.2 и D7.3, чтобы непосредственно определять характеристические, расчетные или частные значения коэффициентов.

(4) В случае б) необходимо принимать во внимание, что расчетное значение сопротивления может зависеть от:

- эффектов, связанных с другими свойствами;
- неопределенности модели;
- других факторов (масштаба, объема и т. д.).

(5) Таблицы и Выражения, приведенные в D7.2 и D7.3, основываются на следующих допущениях:

- все параметры имеют нормальное или логнормальное распределение;
- отсутствует предварительная информация о среднем значении;
- для случая " $V_x$  неизвестно" - нет никакой предварительной информации о коэффициенте вариации;
- для случая " $V_x$  известно", есть полная предварительная информация о коэффициенте вариации.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Преимуществом использования логнормального распределения для оценки некоторых величин (например, для геометрических переменных и переменных сопротивления) является то, что в этом случае исключается появление их отрицательных значений.

На практике рекомендуется использовать случай « $V_X$  известно» в сочетании с верхней консервативной оценкой  $V_X$ , вместо применения правил для случая « $V_X$  неизвестно». Кроме того, если  $V_X$  неизвестно, необходимо принимать, что оно не менее 0,10.

## D7.2 Оценка через характеристическое значение

(1) Расчетное значение  $X$  определяется следующим образом:

$$X_d = \eta_d \frac{X_{k(n)}}{\gamma_m} = \frac{\eta_d}{\gamma_m} m_X \{1 - k_n V_X\}, \quad (D.1)$$

где

$\eta_d$  – расчетное значение коэффициента конверсии.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Оценка значения коэффициента конверсии в значительной мере зависит от вида испытаний и материала.

Значение  $k_n$  указано в Таблице D1.

(2) При использовании данных Таблицы D1 следует учитывать один из двух случаев следующим образом:

– случай "  $V_X$  известно" следует применять, в том случае, если предварительно известны коэффициент вариации величины  $V_X$  или ее реалистическая верхняя граница.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Предварительная информация может быть получена на основе анализа данных предыдущих испытаний в сопоставимых ситуациях. Что такое «сопоставимая ситуация» должно быть определено на основе инженерных оценок (см. D7.1 (3)).

– Случай "  $V_X$  неизвестно", следует применять в том случае, если коэффициент вариации  $V_X$  предварительно неизвестен и определяется по результатам испытаний следующим образом:

$$s_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - m_x)^2. \quad (D.2)$$

$$V_X = s_x / m_x. \quad (D.3)$$

(3) Частный коэффициент  $\gamma_m$  следует устанавливать в зависимости от области применения результатов испытаний.

**Таблица D1 – Значения  $k_n$  для 5%-го характеристического значения**

$n$	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	$\infty$
$V_X$ известно	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
$V_X$ неизвестно	—	—	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Данные Таблицы основываются на нормальном распределении.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** При применении логнормального распределения Выражение (D.1) принимает вид:

$$X_d = \frac{\eta_d}{\gamma_m} \exp[m_y - k_n s_y],$$

где

$$m_y = \frac{1}{n} \sum \ln(x_i).$$

Если  $V_x$  известно из предварительной информации,  $s_y = \sqrt{\ln(V_x^2 + 1)} \approx V_x$ .

Если  $V_x$  неизвестно из предварительной информации,  $s_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (\ln x_i - m_y)^2}$ .

### **D7.3 Прямая оценка расчетного значения для проверок ULS**

(1) Расчетное значение  $X_d$  величины  $X$  следует определять по формуле:

$$X_d = \eta_d m_x \{1 - k_{d,n} V_x\}. \quad (D.4)$$

Значение  $\eta_d$  должно учитывать все неопределенности, которые не учтены при проведении испытаний.

(2) Значение  $k_{d,n}$  следует определять по Таблице D2.

**Таблица D2 – Значения  $k_{d,n}$  для расчетного значения ULS**

$n$	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	$\infty$
$V_x$ известно	4,36	3,77	3,56	3,44	3,37	3,33	3,27	3,23	3,16	3,13	3,04
$V_x$ неизвестно	—	—	—	11,4	7,85	6,36	5,07	4,51	3,64	3,44	3,04

**ПРИМЕЧАНИЕ 1** Данная Таблица основана на допущении, что расчетное значение соответствует произведению  $\alpha_R \beta = 0,8 \times 3,8 = 3,04$  (см. Приложение C) и  $X$  имеет нормальное распределение. Тогда вероятность ошибки составляет примерно 0,1 %.

**ПРИМЕЧАНИЕ 2** При логнормальном распределении вместо Выражения (D.4) следует использовать следующую зависимость:

$$X_d = \eta_d \exp[m_y - k_{d,n} s_y].$$

### **D8 Статистическое определение моделей сопротивления**

#### **D8.1 Общие положения**

(1) В настоящем Разделе приведены методы уточнения моделей сопротивления и определения расчетных значений на основании результатов испытаний типа d) (см. D.3(1)), с использованием доступной предварительной информации (основанной на знаниях или предположениях).

(2) На основании данных о фактическом поведении образца при испытаниях и с учетом результатов теоретических исследований необходимо разработать “расчетную

модель" для построения функции сопротивления. Достоверность этой модели следует проверить с помощью статистической интерпретации всех доступных результатов испытаний. При необходимости расчетная модель уточняется до тех пор, пока не достигается достаточная корреляция между теоретическими значениями и данными испытаний.

(3) Отклонения в прогнозах, полученные при использовании расчетной модели, должны быть установлены при проведении испытаний. Эти отклонения, чтобы получить представление об общем отклонении, следует комбинировать с отклонениями других переменных в функции сопротивления. Под другими переменными понимаются:

- отклонения прочностных и жесткостных характеристик материала;
- отклонения геометрических свойств.

(4) Характеристическое значение сопротивления следует определять, принимая во внимание отклонения всех переменных.

(5) В D5.1 приведены два различных метода. Эти методы описаны в D8.2 и D8.3, соответственно. Некоторые возможные дополнительные упрощения даны в D8.4.

Указанные методы представлены в виде ряда отдельных этапов. При этом сделаны некоторые предположения относительно совокупности испытаний. Эти предположения должны рассматриваться как рекомендации, относящиеся только к обычным случаям.

## D8.2 Метод стандартной оценки (метод (а))

### D8.2.1 Общие положения

(1) Для стандартной процедуры оценки действуют следующие допущения:

- a) функция сопротивления является функцией ряда независимых переменных  $X$ ;
- b) в наличии имеется достаточное количество результатов испытаний;
- c) установлены все значимые геометрические свойства и свойства материала;
- d) отсутствуют корреляции (статистические зависимости) между переменными в функции сопротивления;
- e) все переменные распределены, либо по нормальному, или логнормальному законам.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Применение логнормального распределения для всех переменных гарантирует, что не возникает отрицательных значений.

(2) Стандартная процедура для метода D5(1)a) состоит из семи этапов, которые изложены в D8.2.2.1 - D8.2.2.7.

### D8.2.2 Стандартная процедура

#### D8.2.2.1 Этап 1: Разработка расчетной модели

(1) Для конструкции или элемента конструкции следует разработать расчетную модель в форме теоретической функции сопротивления  $r_t$ , которая выражается

$$r_t = g_{rt}(X). \quad (\text{D.5})$$

(2) Функция сопротивления должна содержать все значимые базисные переменные  $\underline{X}$ , влияющие на сопротивление для соответствующего предельного состояния.

(3) Для каждого испытываемого образца  $i$  следует измерить все основные параметры (допущение (c) в D.8.2.1), и они должны быть доступны для применения при оценке.

#### D8.2.2.2 Этап 2: Сравнение экспериментальных и теоретических значений

(1) Подставляя в функции сопротивления измеренные значения, следует определить теоретические значения  $r_{ti}$  и сравнить их с экспериментальными значениями  $r_{ei}$ .

(2) Пары значений  $(r_{ti}, r_{ei})$  необходимо представить точками на диаграмме, как показано на Рисунке D1.

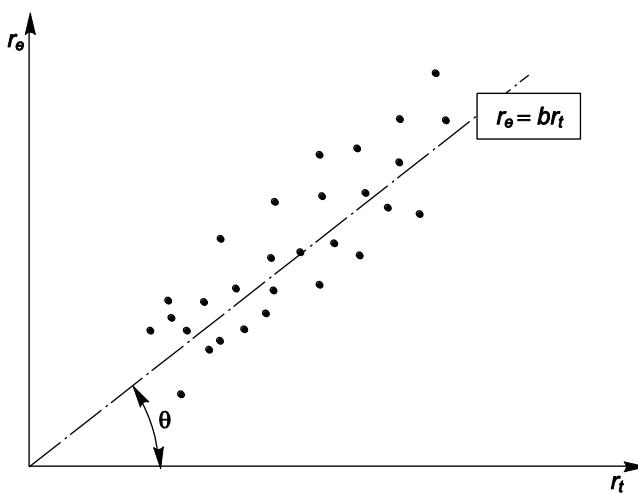


Рисунок D1 – Диаграмма  $r_e$  -  $r_t$

(3) Если бы функция сопротивления была точной и полной, то все точки находились бы на линии  $\theta = \pi/4$ . На практике точки расположены с некоторым разбросом. Причины систематических отклонений от указанной линии подлежат исследованию, позволяющему установить, связаны ли эти отклонения с ошибками при испытаниях или с выбором функции сопротивления.

#### D8.2.2.3 Этап 3: Оценка среднего значения коэффициента корреляции $b$

(1) Вероятностная модель сопротивления  $r$  дана в виде:

$$r = br_t \delta, \quad (D.6)$$

где  $b$  – наилучшее приближение, определяемое методом "наименьших квадратов" и заданное выражением:

$$b = \frac{\sum r_e r_t}{\sum r_t^2}. \quad (D.7)$$

(2) Среднее значение теоретической функции сопротивления, определяется с использованием средних значений базисных переменных  $\underline{X}_m$  по формуле:

$$r_m = br_t(\underline{X}_m) \delta = bg_{rt}(\underline{X}_m) \delta. \quad (D.8)$$

#### D8.2.2.4 Этап 4: Оценка коэффициента вариации ошибок

(1) Ошибка  $\delta_i$  для каждого экспериментального значения  $r_{ei}$  должна быть определена с помощью Выражения (D.9):

$$\delta_i = \frac{r_{ei}}{br_{ti}}. \quad (\text{D.9})$$

(2) При помощи значений  $\delta_i$  следует определить оценочное значение  $V_\delta$ :

$$\Delta_i = \ln(\delta_i). \quad (\text{D.10})$$

(3) Оценочное значение  $\bar{\Delta}$  для  $E(\Delta)$  определяется выражением:

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i. \quad (\text{D.11})$$

(4) Оценочное значение  $s_\Delta^2$  для  $\sigma_\Delta^2$  определяется выражением:

$$s_\Delta^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2. \quad (\text{D.12})$$

(5) Выражение:

$$V_\delta = \sqrt{\exp(s_\Delta^2) - 1}, \quad (\text{D.13})$$

позволяет определять коэффициент вариации  $V_\delta$  для вектора ошибок  $\delta$ .

#### D8.2.2.5 Этап 5: Проверка совместимости

(1) Необходимо проверить совместимость совокупности испытаний с допущениями, принятыми для функции сопротивления.

(2) Если разброс значений ( $r_{ei}$  и  $r_{ti}$ ) слишком высок для того, чтобы получить экономичные расчетные функции сопротивления, этот разброс может быть уменьшен одним из следующих способов:

a) путем корректировки расчетной модели, принимая во внимание параметры, которые ранее игнорировались;

b) путем изменения  $b$  и  $V_\delta$  за счет разделения основной совокупности на соответствующие подгруппы, для которых влияние дополнительных параметров можно считать постоянным.

(3) Для того чтобы установить, какой из параметров имеет наибольшее влияние на разброс результатов испытаний, эти результаты можно разбить на подгруппы, связанные с этими параметрами.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Цель заключается в корректировке функции сопротивления посредством раздельного анализа каждой подгруппы с помощью стандартных процедур. Недостатком разделения результатов испытаний на подгруппы является то, что число результатов испытаний в каждой подгруппе может стать небольшим.

(4) Значение квантиля  $k_n$  (см. этап 7) для подгрупп испытаний может быть определено с учетом общего количества испытаний.

**ПРИМЕЧАНИЕ** Следует учесть, что плотности распределения вероятности для сопротивления может лучше описываться бимодальной или мультимодальной функциями. При

этом возможно использовать специальные методы для преобразования этих функций в одномодальное распределение.

#### D8.2.2.6 Этап 6: Определение коэффициентов $V_{Xi}$ вариации базисных переменных

(1) Если можно доказать, что совокупность испытаний является полностью репрезентативной, то коэффициенты вариации  $V_{Xi}$  базисных переменных функции сопротивления могут быть определены по данным испытаний. Как правило, это условие не выполняется и коэффициенты вариации  $V_{Xi}$  определяются на основе предварительной информации.

#### D8.2.2.7 Этап 7: Определение характеристического значения сопротивления $r_k$

(1) Если функция сопротивления  $j$  базисных величин имеет вид произведения:

$$r = b r_l \delta = b \{X_1 \times X_2 \dots X_j\} \delta,$$

то среднее значение  $E(r)$  можно определить из выражения:

$$E(r) = b \{E(X_1) \times E(X_2) \dots E(X_j)\} = b g_{rt}(\underline{X}_m), \quad (\text{D.14a})$$

а коэффициент вариации  $V_r$  – из выражения:

$$V_r^2 = (V_\delta^2 + 1) \left[ \prod_{i=1}^j (V_{Xi}^2 + 1) \right] - 1. \quad (\text{D.14b})$$

(2) Как альтернатива, при малых значениях  $V_\delta^2$  и  $V_{Xi}^2$  допускается использовать следующее приближенное соотношение для определения  $V_r$ :

$$V_r^2 = V_\delta^2 + V_{rt}^2, \quad (\text{D.15a})$$

где

$$V_{rt}^2 = \sum_{i=1}^j V_{Xi}^2. \quad (\text{D.15b})$$

(3) Если функция сопротивления представляет собой более сложную функцию вида:

$$r = b r_l \delta = b g_{rt}\{X_1, \dots, X_j\} \delta,$$

то среднее значение  $E(r)$  можно определить из выражения:

$$E(r) = b g_{rt}(E(X_1), \dots, E(X_j)) = b g_{rt}(\underline{X}_m), \quad (\text{D.16a})$$

а коэффициент вариации  $V_{rt}$  – из выражения:

$$V_{rt}^2 = \frac{\text{VAR}[g_{rt}(\underline{X}_m)]}{g_{rt}^2(\underline{X}_m)} \cong \frac{1}{g_{rt}^2(\underline{X}_m)} \times \sum_{i=1}^j \left( \frac{\partial g_{rt}}{\partial X_i} \sigma_i \right)^2. \quad (\text{D.16b})$$

(4) Если количество испытаний ограничено (например,  $n < 100$ ), то следует учитывать распределение статистических неопределенностей  $\Delta$ , которое должно рассматриваться как центральное  $t$ -распределение с параметрами  $\bar{\Delta}$ ,  $V_\Delta$  и  $n$ .

(5) В этом случае характеристическое значение сопротивления  $r_k$  определяется по формуле:

$$r_k = b g_{rt}(X_m) \exp(-k_\infty \alpha_{rt} Q_{rt} - k_n \alpha_\delta Q_\delta - 0,5 Q^2), \quad (D.17)$$

где

$$Q_{rt} = \sigma_{\ln(rt)} = \sqrt{\ln(V_{rt}^2 + 1)}, \quad (D.18a)$$

$$Q_\delta = \sigma_{\ln(\delta)} = \sqrt{\ln(V_\delta^2 + 1)}, \quad (D.18b)$$

$$Q = \sigma_{\ln(r)} = \sqrt{\ln(V_r^2 + 1)}, \quad (D.18c)$$

$$\alpha_{rt} = \frac{Q_{rt}}{Q}, \quad (D.19a)$$

$$\alpha_\delta = \frac{Q_\delta}{Q}, \quad (D.19b)$$

где

$k_n$  – характеристическое значение квантиля, определяемое по Таблице D1 для случая « $V_X$  неизвестно»;

$k_\infty$  – значение  $k_n$  при  $n \rightarrow \infty$  [ $k_\infty = 1,64$ ];

$a_{rt}$  – весовой коэффициент для  $Q_{rt}$ ;

$a_\delta$  – весовой коэффициент для  $Q_\delta$ .

ПРИМЕЧАНИЕ Значение  $V_\delta$  должно быть оценено на основе данных, полученных при испытаниях.

(6) Для большого количества испытаний ( $n \geq 100$ ) характеристическое значение сопротивления  $r_k$  допускается определять по формуле:

$$r_k = b g_{rt}(X_m) \exp(-k_\infty Q - 0,5 Q^2). \quad (D.20)$$

### D8.3 Стандартная процедура оценки (метод (б))

(1) Для определения характеристического значения  $r_d$  используется процедура, аналогичная описанной в D8.2, за исключением того, что на этапе 7 характеристическое значение квантиля  $k_n$  заменяется на его расчетное значение  $k_{d,n}$ , которое равно произведению  $k_{d,\infty} = \alpha_R \beta = 0,8 \times 3,8 = 3,04$  (см. Приложение C).

(2) При ограниченном количестве испытаний  $r_d$  определяется по формуле:

$$r_d = b g_{rt}(X_m) \exp(-k_{d,\infty} \alpha_{rt} Q_{rt} - k_{d,n} \alpha_\delta Q_\delta - 0,5 Q^2), \quad (D.21)$$

где

$k_{d,n}$  – расчетное значение коэффициента квантиля из Таблицы D.2 для случая « $V_X$  неизвестно»;

$k_{d,\infty}$  – значение квантиля  $k_{d,n}$  для  $n \rightarrow \infty$  [ $k_{d,\infty} = 3,04$ ].

ПРИМЕЧАНИЕ Значение  $V_\delta$  должно быть определено по результатам испытаний.

(3) При большом количестве испытаний значение  $r_d$  допускается определять по формуле:

$$r_d = b g_{rt} (\underline{X}_m) \exp (-k_{d,\infty} Q - 0,5Q^2). \quad (D.22)$$

#### D8.4 Использование дополнительной предварительной информации

(1) Если достоверная функция сопротивления  $r_t$  и верхний предел (консервативная оценка) коэффициента вариации  $V_r$  из множества предыдущих испытаний уже известны, то для дальнейших испытаний допускается принимать следующую упрощенную процедуру.

(2) Если проводится только одно дополнительное испытание, то характеристическое значение  $r_k$  допускается определять по результатам этого испытания ( $r_e$ ) по формуле:

$$r_k = \eta_k r_e. \quad (D.23)$$

где  $\eta_k$  – коэффициент редукции, учитывающий предварительную информацию и определяемый из выражения:

$$\eta_k = 0,9 \exp (-2,31V_r - 0,5V_r^2), \quad (D.24)$$

где  $V_r$  – максимальное значение коэффициента вариации, который наблюдался в предыдущих испытаниях.

(3) Если проводятся два или три дополнительных испытания, то характеристическое значение  $r_k$  может быть определено из среднего значения  $r_{em}$  по формуле:

$$r_k = \eta_k r_{em}, \quad (D.25)$$

где  $\eta_k$  – коэффициент редукции, учитывающий предварительную информацию, для определения которого можно использовать выражение:

$$\eta_k = \exp (-2,0V_r - 0,5V_r^2), \quad (D.26)$$

где  $V_r$  – максимальный коэффициент вариации, который наблюдался в предыдущих испытаниях.

Этот подход может быть использован при условии, что каждое экстремальное (максимальное или минимальное) значение  $r_{ee}$ , удовлетворяет условию:

$$|r_{ee} - r_{em}| \leq 0,10r_{em}. \quad (D.27)$$

(4) Значения коэффициента вариации  $V_r$ , приведенные в Таблице D3, могут быть отнесены к различным видам отказов, которые должны быть установлены (например, в соответствующем строительном Еврокоде). В Таблице D3 приведены значения  $\eta_k$ , соответствующие Выражениям (D.24) и (D.26).

**Таблица D3 – Коэффициент редукции  $\eta_k$**

Коэффициент вариации $V_r$	Коэффициент редукции $\eta_k$	
	для 1 испытания	для 2-х или 3-х испытаний
0,05	0,80	0,90
0,11	0,70	0,80
0,17	0,60	0,70

## **Библиография**

- ISO 2394 General principles on reliability for structures  
(Общие принципы надежности конструкций).
- ISO 2631:1997 Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration  
(Механическая вибрация и удар – Оценка вибраций, которым подвергается человек).
- ISO 3898 Basis for design of structures – Notations - General symbols  
(Основы проектирования конструкций. Термины и определения. Общие символы).
- ISO 6707-1 Building and civil engineering -Vocabulary - Part 1 : General terms  
(Строительство и инженерное дело. Словарь. Часть 1. Общие термины).
- ISO 8930 General principles on reliability for structures - List of equivalent terms  
(Основные принципы надежности конструкций. Перечень эквивалентных терминов).
- EN ISO 9001:2000 Quality management systems – Requirements (ISO 9001:2000)  
(Системы управления качеством – Требования (ISO 9001:2000)).
- ISO 10137 Basis for design of structures – Serviceability of buildings against vibrations  
(Основы проектирования конструкций. Эксплуатационная пригодность зданий при вибрациях).
- ISO 8402 Quality management and quality assurance – Vocabulary  
(Управление качеством и обеспечение качества. Словарь)



Ресми басылым

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ӨНЕРКӨСІП ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫС МИНИСТРЛІГІНІҢ ҚҰРЫЛЫС ЖӘНЕ  
ТҮРФЫН ҮЙ-КОММУНАЛДЫҚ ШАРУАШЫЛЫҚ ИСТЕРІ КОМИТЕТИ

**Қазақстан Республикасының  
ЕРЕЖЕЛЕР ЖИНАҒЫ**

**ҚР ЕЖ ЕН 1990:2002+А1:2005/2011**

**КҮШ ТҮСЕТІН КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫ ЖОБАЛАУ НЕГІЗДЕРІ**

Басылымға жауаптылар: «ҚазҚСФЗИ» АҚ

Компьютерлік беттеу:

Пішімі 60 x 84 1/8.

Карпі: Times New Roman. Шартты баспа табағы 2,1.

Тараламы \_\_\_\_\_ дана. Тапсырыс № \_\_\_\_\_.

«ҚазҚСФЗИ» АҚ

050046, Алматы қаласы, Солодовников көшесі, 21

Тел./факс: +7 (727) 392 76 16 – қабылдау бөлмесі

Официальное издание

КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА  
МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СТРОИТЕЛЬСТВА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**СВОД ПРАВИЛ  
Республики Казахстан**

**СП РК ЕН 1990:2002+А1:2005/2011**

**ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**

Ответственные за выпуск: АО «КазНИИСА»

Набор и компьютерная верстка:

Формат 60 x 84 1/8

Гарнитура: Times New Roman. Усл. печ. л. 2,1

Тираж \_\_\_\_\_ экз. Заказ № \_\_\_\_\_

АО «КазНИИСА»

050046, г. Алматы, ул. Солодовникова, 21

Тел./факс: +7 (727) 392 76 16 – приемная

