

**ЕВРОКОД 1:  
Воздействия на сооружения –  
Часть 2: Транспортные нагрузки на мосты  
(1-я редакция)**

Издание официальное

Москва 2011

## НАЦИОНАЛЬНОЕ ПРЕДИСЛОВИЕ

ПОДГОТОВЛЕН ОАО «НИЦ «Строительство» - Центральным научно-исследовательским институтом строительных конструкций им. В.А. Кучеренко, Филиал ОАО ЦНИИС «Научно-исследовательский центр «Мосты», при участии Открытого Акционерного Общества «Научно-исследовательский институт транспортного строительства»

ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК.465. «Строительство».

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ

ЗАРЕГИСТРИРОВАН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ.

Настоящий стандарт идентичен (IDT) европейскому стандарту EN 1991-2:2003 Eurocode 1: Actions on structures - Part 2: Traffic loads on bridges.

Настоящий Национальный стандарт Российской Федерации является официальной российской редакцией EN 1991-2:2003. Перевод с английского языка (en).

Официальные экземпляры европейского стандарта, на основе которого подготовлен настоящий национальный стандарт, и стандартов, на которые даны ссылки, имеются в Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии.

Неотъемлемой частью настоящего стандарта является его Национальное приложение.

В соответствии с принципами Европейского комитета по стандартизации (CEN) национальные Стандарты, реализующие Еврокоды, должны содержать полный текст Еврокода (включая все приложения), опубликованный CEN, перед которым может находиться национальный титульный лист и национальное введение, а за которым может следовать Национальное Приложение.

Национальное Приложение может содержать информацию только о тех параметрах, которые в Еврокоде оставлены открытыми для национального выбора и именуются Национально определяемыми параметрами, предназначенными для проектирования зданий и инженерных сооружений в данной стране.

Ссылки на параметры, измененные в Национальном Приложении, даны в тексте Еврокода (включая его приложения). Например,

*Примечание 2* — Модели нагрузки для длины участков загрузки, превышающей 200 м, могут быть определены в Национальном Приложении или в проектной документации.

В разделе «Нормативные ссылки» и тексте Национального стандарта ссылочные Европейские стандарты актуализированы.

Сведения о соответствии европейских стандартов, на которые даны ссылки, государственным стандартам, принятым в качестве идентичных государственных стандартов, приведены в дополнительном приложении НП С.

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

Русская версия

## Еврокод 1: Воздействия на конструкции - Часть 2: Транспортные нагрузки на мосты

Eurocode 1: Actions sur les structures - Partie 2: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2:  
Actions sur les ponts, dues au trafic Verkehrslasten auf Brücken

Настоящий Европейский Стандарт утвержден CEN 28 ноября 2002.

Члены CEN обязаны соблюдать Внутренний Регламент CEN/CENELEC, в котором оговариваются условия для придания Европейскому Стандарту безальтернативного статуса национального стандарта. Соответствующие перечни и библиографические ссылки, касающиеся национальных стандартов, можно получить по заявке в Административный Центр или к любому члену CEN.

Настоящий Европейский Стандарт представлен в трех официальных версиях (английской, французской и немецкой). Версия на любом другом языке, которая создается путем перевода на язык своей страны под ответственность члена CEN и регистрируется в Административном Центре, имеет тот же статус, что и официальные версии.

Членами CEN являются национальные органы по стандартизации Австрии, Бельгии, Чешской Республики, Дании, Финляндии, Франции, Германии, Греции, Венгрии, Исландии, Ирландии, Италии, Люксембурга, Мальты, Нидерландов, Норвегии, Португалии, Словакии, Испании, Швеции, Швейцарии и Соединенного Королевства.



ЕВРОПЕЙСКИЙ КОМИТЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION  
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

**Административный Центр: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels**

© 2003 CEN. Все права на использование в любой форме и любыми средствами во всем мире сохраняются за национальными Членами CEN.

Ref. No. EN 1991-2:2003 E

## Содержание

1	Общие положения.....	15
1.1	Область применения .....	15
1.2	Нормативные ссылки.....	16
1.3	Различие между принципами и правилами применения .....	16
1.4	Термины и определения .....	17
1.4.1	Общие термины и определения.....	17
1.4.2	Специальные термины и определения для автодорожных мостов .....	18
1.4.3	Специальные термины и определения для железнодорожных мостов.....	19
1.5	Обозначения.....	19
1.5.1	Общие обозначения .....	19
1.5.2	Обозначения, специально предназначенные для разделов 4 и 5.....	20
1.5.3	Обозначения, специально предназначенные для раздела 6.....	21
2	Классификация воздействий.....	25
2.1	Общие положения .....	25
2.2	Временные нагрузки.....	25
2.3	Нагрузки от аварийных расчетных случаев .....	27
3	Расчетные ситуации .....	28
4	Воздействия дорожного движения и другие воздействия на автодорожные мосты .....	29
4.1	Область применения.....	29
4.2	Описание нагрузок.....	29
4.2.1	Модели нагрузок от автомобильного транспорта .....	29
4.2.2	Классы нагрузки .....	30
4.2.3	Разделение проезжей части на полосы загрузки моста подвижной нагрузкой.....	30
4.2.4	Расположение и нумерация полос движения при расчете .....	31
4.2.5	Применение модели нагрузки к отдельным полосам движения.....	32
4.3	Вертикальные нагрузки — нормативные значения.....	33
4.3.1	Общие расчетные случаи.....	33
4.3.2	Модель нагрузки 1 .....	33
4.3.3	Модель нагрузки 2.....	36
4.3.4	Модель нагрузки 3 (специальные транспортные средства).....	37
4.3.5	Модель нагрузки 4 (нагрузка от толпы).....	37
4.3.6	Распределение сосредоточенных нагрузок.....	38
4.4	Горизонтальные силы — нормативные значения .....	39
4.4.1	Силы торможения и ускорения.....	39
4.4.2	Центробежные и другие поперечные силы .....	40
4.5	Сочетания нагрузок от транспортных средств на автодорожных мостах.....	40
4.5.1	Нормативные значения многокомпонентного воздействия .....	40
4.5.2	Другие характерные значения многокомпонентного воздействия .....	42
4.5.3	Группы нагрузок в случае кратковременных воздействий.....	42
4.6	Модели нагрузок при расчете на выносливость .....	43
4.6.1	Общие положения.....	43

4.6.2	Модель нагрузки 1 для расчета на выносливость (подобная модели LM1).....	46
4.6.3	Модель нагрузки 2 для расчета на выносливость (набор «часто встречающихся» грузовиков).....	46
4.6.4	Модель нагрузки 3 для расчета на выносливость (модель одиночного транспортного средства).....	47
4.6.5	Модель нагрузки 4 для расчета на выносливость (набор «стандартных» грузовиков).....	48
4.6.6	Модель нагрузки 5 для расчета на выносливость (основанная на зарегистрированных данных о транспортном потоке).....	51
4.7	Воздействия от аварийных расчетных ситуаций .....	51
4.7.1	Общие положения.....	51
4.7.2	Силы удара от транспортных средств под мостом.....	51
4.7.2.1	Силы столкновения, воздействующие на промежуточные опоры и другие несущие элементы.....	51
4.7.2.2	Силы столкновения, воздействующие на пролетные строения.....	51
4.7.3	Воздействия от транспортных средств на мосту .....	52
4.7.3.1	Транспортное средство на тротуарах и велосипедных дорожках автодорожных мостов .....	52
4.7.3.2	Силы столкновения, воздействующие на бордюры .....	53
4.7.3.3	Силы столкновения, воздействующие на ограждающие устройства .....	53
4.7.3.4	Силы столкновения, воздействующие на элементы конструкции.....	54
4.8	Воздействия на пешеходные тротуары.....	54
4.9	Модели нагрузки для устоев и стен, примыкающих к мостам .....	55
4.9.1	Вертикальные нагрузки .....	55
4.9.2	Горизонтальная сила .....	55
5	Воздействия на тротуары, велосипедные дорожки и пешеходные мосты .....	57
5.1	Область применения .....	57
5.2	Описание воздействий .....	57
5.2.1	Модели нагрузок.....	57
5.2.2	Классы нагрузки.....	58
5.2.3	Применение модели нагрузки .....	58
5.3	Статические модели для вертикальных нагрузок — нормативные значения.....	58
5.3.1	Общие положения .....	58
5.3.2	Модели нагрузки .....	58
5.3.2.1	Равномерно распределенная нагрузка .....	58
5.3.2.2	Сосредоточенная нагрузка.....	59
5.3.2.3	Транспортное средство обслуживания .....	59
5.4	Статическая модель для горизонтальных сил — нормативные значения.....	60
5.5	Группы нагрузок от транспортных средств на пешеходных мостах .....	60
5.6	Воздействия при аварийных расчетных ситуациях для пешеходных мостов .....	61
5.6.1	Общие положения.....	61
5.6.2	Силы столкновения, возникающие от транспортных средств под мостом .....	61
5.6.2.1	Силы столкновения, воздействующие на промежуточные опоры.....	61
5.6.2.2	Силы столкновения, воздействующие на пролетные строения.....	62

5.6.3 Присутствие транспортных средств на мосту в случае аварии .....	62
5.7 Динамические модели пешеходных нагрузок .....	63
5.8 Нагрузки на парапеты .....	63
5.9 Модель нагрузки для устоев и стен, примыкающих к мостам .....	63
6 Воздействия железнодорожного движения и другие воздействия на железнодорожные мосты .....	64
6.1 Область применения .....	64
6.2 Описание воздействий — характер нагрузок от железнодорожного транспорта .....	65
6.3 Вертикальные нагрузки — нормативные значения (статические составляющие), эксцентриситет и распределение нагрузки .....	65
6.3.1 Общие положения .....	65
6.3.2 Модель нагрузки 71 .....	65
6.3.3 Модели нагрузок SW/0 и SW/2 .....	66
6.3.4 Модель нагрузки «ненагруженный поезд» .....	67
6.3.5 Эксцентриситет вертикальных нагрузок (модели нагрузки 71 и SW/0) .....	67
6.3.6 Распределение осевых нагрузок на рельсы, шпалы и балласт .....	68
6.3.6.1 Продольное распределение сосредоточенной силы или колесной нагрузки рельсами .....	68
6.3.6.2 Продольное распределение нагрузки шпалами и балластом .....	69
6.3.6.3 Поперечное распределение нагрузки шпалами и балластом .....	69
6.3.6.4 Эквивалентная вертикальная нагрузка на земляное полотно и влияние давления грунта .....	71
6.3.7 Воздействия на служебные проходы .....	71
6.4 Динамические эффекты (включая резонанс) .....	72
6.4.1 Введение .....	72
6.4.2 Факторы, влияющие на динамические характеристики .....	72
6.4.3 Общие правила расчетов .....	73
6.4.4 Требования для статического анализа или расчетов на динамическую нагрузку .....	73
6.4.5 Динамический коэффициент $\Phi(\Phi_2, \Phi_3)$ .....	76
6.4.5.1 Область применения .....	76
6.4.5.2 Определение динамического коэффициента $\Phi$ .....	76
6.4.5.3 Определяющая длина $L_\Phi$ .....	77
6.4.5.4 Уменьшенные динамические эффекты .....	80
6.4.6 Требования при расчетах на динамическую нагрузку .....	80
6.4.6.1 Загружение и сочетания нагрузок .....	80
6.4.6.2 Скорости, подлежащие рассмотрению .....	84
6.4.6.3 Параметры мостов .....	85
6.4.6.4 Моделирование возбуждения и динамического поведения конструкции .....	86
6.4.6.5 Проверки предельных состояний .....	88
6.4.6.6 Дополнительная проверка на выносливость, если требуется расчет на динамическую нагрузку .....	89
6.5 Горизонтальные силы — нормативные значения .....	90
6.5.1 Центробежные силы .....	90
6.5.2 Сила бокового давления колес .....	94

6.5.3 Воздействия, возникающие вследствие тяги и торможения .....	94
6.5.4 Суммарная реакция конструкции и рельсовых путей на временные нагрузки .....	95
6.5.4.1 Общие правила .....	95
6.5.4.2 Параметры, влияющие на суммарную реакцию конструкции и рельсового пути .....	96
6.5.4.3 Воздействия, которые следует учитывать .....	98
6.5.4.4 Моделирование и расчет для комбинированной системы рельсовых путей/конструкции .....	99
6.5.4.5 Критерии расчета.....	101
6.5.4.6 Методы расчетов .....	102
6.6 Аэродинамические воздействия от проходящих поездов .....	105
6.6.1 Общие положения .....	105
6.6.2 Вертикальные поверхности, параллельные рельсовым путям (например, шумовые барьеры).....	106
6.6.3 Горизонтальные поверхности выше рельсовых путей (например, верхние защитные конструкции) .....	107
6.6.4 Горизонтальные поверхности, примыкающие к рельсовым путям (например, навесы платформы без вертикальных стен) .....	108
6.6.5 Конструкции, содержащие много поверхностей (вертикальных, горизонтальных или наклонных) рядом с рельсовым путем (например, наклонные шумовые барьеры, навесы платформы с вертикальными стенами и т. д.) .....	109
6.6.6 Поверхности, окружающие габарит конструкции рельсовых путей вдоль ограниченной длины до 20 м включительно (горизонтальная поверхность выше рельсовых путей и, как минимум, одна вертикальная стена, например, подмости, временные сооружения) .....	109
6.7 Сход с рельсов и другие воздействия на железнодорожные мосты .....	110
6.7.1 Воздействия, возникающие при сходе с рельсов железнодорожного транспорта на железнодорожном мосту .....	110
6.7.2 Сход с рельсов под конструкцией или рядом с ней и другие воздействия для аварийных расчетных ситуаций .....	112
6.7.3 Другие воздействия .....	112
6.8 Приложение нагрузок от транспортных средств на железнодорожных мостах .....	112
6.8.1 Общие положения .....	112
6.8.2 Группы нагрузок — нормативные значения многокомпонентного воздействия .....	115
6.8.3 Группы нагрузок — другие нормативные значения многокомпонентных воздействий .....	118
6.8.3.1 Часто встречающиеся значения многокомпонентных воздействий .....	118
6.8.3.2 Квазипостоянные значения многокомпонентных воздействий .....	118
6.8.4 Нагрузки от транспортных средств в кратковременных расчетных ситуациях .....	118
6.9 Нагрузки от транспортных средств для определения выносливости .....	118
Приложение А (справочное) Модели специальных транспортных средств для автодорожных мостов .....	120
А.1 Область действия и границы применения .....	120
А.2 Основные модели специальных транспортных средств .....	120

A.3 Применение модели нагрузки специального транспортного средства для проезжей части .....	122
Приложение В (справочное) Оценка выносливости для автодорожных мостов. Метод оценки, основанный на зарегистрированном транспортном потоке .....	125
Приложение С (обязательное) Динамические коэффициенты (1 + $\varphi$ ) для реальных поездов .....	129
Приложение D (обязательное) Основание для оценки выносливости железнодорожных конструкций .....	131
D.1 Допущения для нагрузок по выносливости.....	131
D.2 Общий метод расчета.....	132
D.3 Типы поезда для оценки выносливости.....	132
Приложение E (справочное) Пределы применимости модели нагрузки HSLM и отбор критического универсального поезда на основании модели HSLM-A .....	138
E.1 Пределы применимости модели нагрузки HSLM .....	138
E.2 Выбор универсального поезда на основании модели HSLM-A .....	139
Приложение F (справочное) Критерии, которые должны удовлетворяться при отсутствии необходимости расчета на динамическую нагрузку .....	146
Приложение G (справочное) Метод определения суммарной реакции конструкции и рельсовых путей на временные воздействия.....	153
G.1 Введение .....	153
G.2 Пределы применимости метода расчета.....	153
G.3 Конструкции, состоящие из единственного пролетного строения моста.....	154
G.4 Конструкции, состоящие из системы пролетных строений .....	160
Приложение H (справочное) Модели нагрузки для описания нагрузок на рельсы от транспортных средств в кратковременных расчетных ситуациях .....	162
Национальное приложение.....	163



## **Введение**

Настоящий документ (EN 1991-2:2003) подготовлен Техническим Комитетом CEN/TC250 «Строительные Еврокоды», секретариат которого находится в ведении BSI.

Настоящему Европейскому Стандарту придается статус Национального Стандарта либо посредством опубликования идентичного текста, либо через подтверждение не позднее марта 2004: противоречащие ему Национальные Стандарты отменяются не позднее декабря 2009.

Настоящий документ разработан взамен ENV 1991-3:1995.

CEN/TC250 несет ответственность за все Строительные Еврокоды.

Согласно Внутренним Правилам CEN-CENELEC, обеспечивать выполнение Европейского Стандарта должны Национальные Органы по Стандартизации следующих стран: Австрии, Бельгии, Чешской Республики, Дании, Финляндии, Франции, Германии, Греции, Венгрии, Исландии, Ирландии, Италии, Люксембурга, Мальты, Нидерландов, Норвегии, Португалии, Словакии, Испании, Швеции, Швейцарии и Соединенного Королевства.

## **Предпосылки создания программы Еврокодов**

В 1975 году Комиссия Европейских Сообществ приняла решение о введении в действие программы в области строительства, основанной на статье 95 Соглашения. Целью программы было устранение технических препятствий к торговле и гармонизация технических условий.

В рамках данной программы Комиссия выдвинула инициативу об установлении системы гармонизированных технических правил на проектирование строительных конструкций, которые, на первом этапе, должны были бы служить альтернативой национальным правилам для стран-членов и, в конечном итоге, заменили бы их.

В течение пятнадцати лет Комиссия, посредством Управляющего Комитета из представителей стран-членов, руководила разработкой программы Еврокодов, что привело к формированию первых Еврокодов в 1980-е годы.

С целью предоставления Еврокодам в будущем статуса Европейского Стандарта (EN) В 1989 году Комиссия и страны-члены EU и EFTA на основе соглашения<sup>1</sup> между Комиссией и CEN посредством серии мандатов приняли решение передать CEN подготовку и опубликование Еврокодов. Это *фактически* связывает Еврокоды с положениями Директив Совета и (или) Решениями Комиссии, которые посвящены Европейским Стандартам (т.е. с Директивой Совета 89/106/ЕЕС по строительным изделиям – CPD, с Директивами Совета 93/37/ЕЕС, 92/50/ЕЕС и 89/440/ЕЕС по общественным работам и услугам и аналогичными Директивами EFTA, положившими начало стремлению к установлению внутреннего рынка).

---

<sup>1</sup> Соглашение между Комиссией Европейских Сообществ и Европейским комитетом по стандартизации (CEN), касающееся разработки ЕВРОКОДОВ для проектирования зданий и инженерных сооружений (BC/CEN/03/89).

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

EN 1990 Еврокод : Основы строительного проектирования  
EN 1991 Еврокод 1: Воздействия на конструкции  
EN 1992 Еврокод 2: Проектирование бетонных конструкций  
EN 1993 Еврокод 3: Проектирование стальных конструкций  
EN 1994 Еврокод 4: Проектирование железобетонных 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 устанавливают ответственность полномочных органов каждой из стран-членов и гарантируют их право определять значения, относящиеся к регулированию безопасности на национальном уровне, в тех случаях, когда они отличаются для различных стран.

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

Страны-члены EU и EFTA признают Еврокоды в качестве ссылочных документов в следующих целях:

- для достижения соответствия конструкций зданий и инженерных сооружений основным требованиям Директивы Совета 89/106/ЕЕС, в частности, Основному Требованию №1 – Механическая прочность и устойчивость, и Основному Требованию №2 – Безопасность при пожаре;
- как основу для составления контрактов на строительные работы и соответствующие инженерные услуги;
- как базу для разработки гармонизированных технических условий на строительные изделия (EN и ETA).

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

Стандарты Еврокода обеспечивают общие правила строительного проектирования для повседневного применения и предназначены для проектирования самих конструкций и их

---

<sup>2</sup> Согласно Ст. 3.3 CPD, интерпретирующие документы должны конкретизировать основные требования (ER), чтобы создать необходимые связи между основными требованиями и мандатами на гармонизированные EN и ETAG/ETA.

<sup>3</sup> Согласно Ст. 12 CPD, интерпретирующие документы предназначены для того, чтобы:

- a) конкретизировать основные требования путем согласования терминологии и технических основ и, при необходимости, указания классов или уровней для каждого требования;
- b) указывать методы соотношения этих классов или уровней с требованиями технических условий, т.е. методы расчета и доказательства, технические правила для разработки проекта и т.д.;
- c) быть ссылочными при разработке гармонизированных стандартов и рекомендаций для Европейского технического утверждения.

*Фактически* Еврокоды играют подобную роль в области действия ER 1 и части ER 2.

отдельных элементов как традиционного, так и инновационного характера. Для необычных форм конструкций или проектных решений, которые не относятся к ведению Еврокодов, проектировщик должен провести дополнительные экспертные рассмотрения.

### **Национальные Стандарты, реализующие Еврокоды**

Национальные Стандарты, реализующие Еврокоды, будут содержать полный текст Еврокода (включая все приложения), опубликованный CEN, перед которым может находиться национальный титульный лист и национальное введение и за которым может следовать Национальное Приложение.

Национальное Приложение может содержать информацию только о тех параметрах, которые в Еврокоде оставлены открытыми для национального выбора и именуются Национально определяемыми параметрами, предназначенными для проектирования зданий и инженерных сооружений в данной стране, т.е.:

- значения и (или) классы, заданные в Еврокоде альтернативными,
- значения, которые следует использовать в тех случаях, когда в Еврокоде заданы только символы,
- специальные данные о стране (географические, климатические и т.п.), например, карта районирования значений веса снегового покрова,
- выбор методики, если в Еврокоде заданы альтернативные методики,
- рекомендации по применению справочных приложений,
- ссылки на не противоречащую дополнительную информацию, помогающую пользователю применять Еврокод.

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

Существует необходимость согласования гармонизированных технических условий на строительные изделия и технических правил для строительных конструкций<sup>4</sup>. Более того, вся информация, сопровождающая CE - маркировку строительных изделий, которая относится к ведению Еврокодов, должна четко указывать, какие Национально определяемые параметры учтены.

### **Дополнительная информация применительно к EN 1991-2**

EN 1991-2 определяет модели нагрузок от транспортных средств при расчете автодорожных, пешеходных и железнодорожных мостов. Стандарт EN 1991-2 предназначается для непосредственного применения при расчете новых мостов совместно с Еврокодами (EN 1990 – EN 1999).

Основные положения для сочетания нагрузок от транспортных средств с нагрузками других типов приведены в EN 1990, раздел A2.

Могут быть определены дополнительные правила для конкретных проектов:

- при рассмотрении нагрузок от транспортных средств, которые не определены в данной части Еврокода 1 (например, местные нагрузки, военные нагрузки, нагрузки от трамвайной линии);
- для мостов, предназначенных как для автомобильного, так и для железнодорожного сообщения;
- для воздействий, которые следует рассматривать в аварийных расчетных ситуациях;
- для арочных каменных мостов.

---

<sup>4</sup> См. Ст.3.3 и Ст.12 CPD, а также пункты 4.2, 4.3.1, 4.3.2 и 5.2 ID 1.

Принято, что для автодорожных мостов модели нагрузок 1 и 2, определенные в 4.3.2 и 4.3.3 и использующие поправочные коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  равные 1, описывают самый напряженный транспортный поток, отличный от передвижения специальных транспортных средств, требующих разрешения на проезд, который может встречаться или ожидаться на основных маршрутах европейских стран. Транспортный поток на других маршрутах в этих и других странах может быть существенно меньшим или лучше управляемым. Однако следует отметить, что большое количество существующих мостов не удовлетворяет требованиям EN 1991-2 и соответствующих Еврокодов EN 1992 – EN 1999.

Поэтому национальным властям рекомендуется выбирать поправочные коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  так, чтобы они соответствовали нескольким классам маршрутов, на которых находятся мосты. Данные коэффициенты должны оставаться, по возможности, немногочисленными и простыми, основанными на национальном законодательстве о дорожном движении и эффективности управления мостами.

Для железнодорожных мостов определенная в 6.3.2 модель нагрузки 71 (вместе с моделью нагрузки SW/0 для неразрезных мостов) отражает статическое воздействие стандартного железнодорожного движения, осуществляемого по сети основных европейских линий со стандартной или широкой колеёй. Модель нагрузки SW/2, определенная в 6.3.3, отражает статическое воздействие напряженного железнодорожного движения. Линии или части линий, для которых такие нагрузки должны быть учтены, определяются в национальном приложении или в проектной документации.

Предусмотрена возможность изменения указанной нагрузки, в зависимости от изменения типа, объема и максимального веса при железнодорожном сообщении по различным железным дорогам, а также различное качество рельсового пути. Нормативные значения, приведенные для моделей нагрузки 71 и SW/0, могут быть умножены на коэффициент  $\alpha$  для линий с железнодорожными перевозками, тяжелее или легче стандартных.

Кроме того, для железнодорожных мостов даны две другие модели нагрузок:

- модель нагрузки «ненагруженный поезд» для проверки поперечной устойчивости одноколейных мостов;
- модель нагрузки HSLM для учета нагрузок от пассажирских поездов, движущихся со скоростью, превышающей 200 км/ч.

Также даны указания об учете аэродинамического воздействия на конструкции, примыкающие к железнодорожным путям, от проходящих поездов и от других воздействий, обусловленных железнодорожной инфраструктурой.

Мосты являются сооружениями общественного назначения, для которых:

- применяется Европейская Директива 89/440/ЕЕС о сооружениях общественного назначения и
- органы государственной власти несут ответственность как собственники.

Органы государственной власти могут также нести ответственность за выпуск нормативных документов по разрешенному транспортному потоку (главным образом по нагрузкам от транспортных средств), за пропуск грузов и контроль при отступлении от нормативных документов, где это необходимо, например, для специальных транспортных средств.

EN 1991-2 предназначен для использования:

- комитетами, разрабатывающими проекты стандартов на проектирование, а также стандартов на изделия, методы испытаний и их выполнение;
- заказчиками (например, для формулировки специальных требований к интенсивности дорожного движения и соответствующих требований к нагрузке);
- проектировщиками и строителями;
- соответствующими органами власти.

Если таблица или рисунок являются частью примечания, то номер таблицы или рисунка сопровождается индексом (n)(на пример таблица 4.5 (n)).

### Национальное приложение для EN 1991-2

Данный стандарт предлагает альтернативные методы, значения и рекомендации, для частей с примечаниями, показывающими, что должен быть сделан национальный выбор. Для этого в соответствующую национальную редакцию EN 1991-2 включают национальное приложение с параметрами, устанавливаемыми на национальном уровне, которое делает возможным расчет мостов, возводимых в конкретной стране.

Национальный выбор возможен в EN 1991-2 для следующих частей:

Раздел 1: Общие положения	
1.1(3)	Дополнительные правила для подпорных стен, подземных конструкций и тоннелей

Раздел 2: Классификация воздействий	
2.2(2) примечание 2	Использование нечасто встречающихся значений нагружения автодорожных мостов
2.3(1)	Определение применения защиты от аварий
2.3(4)	Правила определения воздействий от различных аварий

Раздел 3: Расчетные случаи	
(5)	Правила для совмещенных мостов с автомобильным и железнодорожным транспортом

Раздел 4: Воздействия от дорожного движения и другие воздействия на автодорожные мосты	
4.1(1) примечание 2	Временные нагрузки от автодорожного транспорта при длине загрузки более 200м
4.1(2), примечание 1	Специальные модели грузов для мостов с ограничением по весу транспортных средств
4.2.1(1), примечание 2	Определение дополнительных моделей грузов
4.2.1(2)	Определение моделей от специальных транспортных средств
4.2.3(1)	Общепринятая высота бордюра
4.3.1(2), приме- чание 2	Применение LM2
4.3.2(3), примечания 1 и 2	Значения коэффициента $\alpha$
4.3.2(6)	Применение упрощенных альтернативных моделей грузов
4.3.3(2)	Значения коэффициента $\beta$
4.3.3(4)	Выбор поверхностей контактов колес для LM2

примечание 2	
4.3.4(1)	Определение модели нагрузки 3 (специальные транспортные средства)
4.4.1(2), примечание 2	Верхний предел сил торможения для автодорожных мостов
4.4.1(2), примечание 3	Горизонтальные силы, связанные с LM3
4.4.1(3)	Горизонтальные силы, связанные с LM3
4.4.1(6)	Силы торможения, передающиеся на деформационные швы
4.4.2(4)	Поперечные силы, действующие на пролетные строения моста
4.5.1 (таблица 4.4а), примечания а и б	Оценка горизонтальных сил в $g_1$ а
4.5.2, примечание 3	Использование нечасто встречающихся значений временных воздействий
4.6.1(2), примечание 2	Использование моделей для расчета на выносливость
4.6.1(3), примечание 1	Определение категорий транспортного потока
4.6.1(6)	Определение дополнительного добавочного фактора (выносливость)
4.6.4(3)	Корректировка модели нагрузки 3 для расчета на выносливость
4.6.5(1), примечание 2	Характеристики дорожного потока для использования модели нагрузки 4 для расчета на выносливость
4.6.6(1)	Применение модели нагрузки 5 для расчета на выносливость
4.7.2.1(1)	Определение сил столкновения и высоты их приложения
4.7.2.2(1), примечание 1	Определение сил от аварий на пролетное строение
4.7.3.3(1), примечание 1	Определение сил от аварий на барьерные ограждения
4.7.3.3(1), примечание 1	Определение вертикальных сил, суммарно воздействующих с горизонтальными аварийными силами
4.7.3.3(1) примечание 3	Проектная нагрузка для конструкций, поддерживающих парапетное ограждение тротуаров
4.7.3.3(2)	Определение сил от аварий на незащищенные вертикальные части конструкции
4.7.3.4(1)	Определение воздействий на пешеходные парапеты
4.8(3)	Определение проектных нагрузок, действующих от пешеходных парапетов на поддерживающие их конструкции
4.9.1(1) примечание 1	Определение моделей нагрузок на устои

Раздел 5: Воздействия на тротуары, велосипедные дорожки и пешеходные мосты	
5.2.3(2)	Определение моделей нагрузок для служебных проходов
5.3.2.1(1)	Определение нормативных значений для равномерно-распределенных нагрузок
5.3.2.2(1)	Определение нормативных значений для сосредоточенных нагрузок на пешеходных мостах
5.3.2.3(1)Р, примечание 1	Определение транспортных средств обслуживания на пешеходных мостах
5.4(2)	Определение значений горизонтальных сил на пешеходных мостах
5.6.1(1)	Определение специальных аварийных сил
5.6.2.1(1)	Аварийные силы на опоры
5.6.2.2(1)	Аварийные силы на пролетные строения
5.6.3(2) примечание 2	Определение моделей нагрузок от аварийного нахождения транспортного средства на пешеходных мостах

5.7(3)	Определение динамических моделей пешеходных нагрузок
--------	--

Раздел 6: Воздействия от железнодорожного движения и другие воздействия на железнодорожные мосты	
6.1(2)	Движение, выходящее из рамок рассмотрения в EN 1991-2, альтернативные модели нагрузок
6.1(3)P	Другие виды железных дорог
6.1(7)	Временные мосты
6.3.2(3)P	Значения коэффициента $\alpha$
6.3.3(4)P	Выбор линии для тяжелых железнодорожных перевозок
6.4.4	Альтернативные требования для динамического расчета
6.4.5.2(3)P	Выбор динамического коэффициента
6.4.5.3(1)	Альтернативные значения определяющей длины
6.4.5.3 (таблица 6.2)	Определяющая длина консолей
6.4.6.1.1(6)	Дополнительные требования для применения HSLM
6.4.6.1.1(7)	Нагружение и методология динамического расчета
6.4.6.1.2(3) (таблица 6.5)	Дополнительные случаи загрузки, зависящие от количества рельсовых путей
6.4.6.3.1(3) (таблица 6.6)	Значения демпфирования
6.4.6.3.2(3),	Альтернативные значения плотности материалов
6.4.6.3.3(3), примечания 1 и 2	Модуль Юнга и другие свойства материалов
6.4.6.4(4)	Понижение пикового отклика в резонансе и альтернативные дополнительные значения демпфирования
6.4.6.4(5)	Ограничения для дефектов рельсового пути и несовершенства транспортного средства
6.5.1(2)	Повышение центра тяжести для центробежных сил
6.5.3(5)	Воздействия от торможения с длины загрузки большее 300м
6.5.3(9)P	Альтернативные требования для приложения сил ускорения и торможения
6.5.4.1(5)	Суммарная работа конструкции и рельсовых путей, требования к безбалластному пути
6.5.4.3(2), примечания 1 и 2	Альтернативные требования к перепаду температур
6.5.4.4(2), примечание 1	Продольное сопротивление сдвигу между рельсовым путем и пролетным строением
6.5.4.5	Альтернативные параметры проектирования
6.5.4.5.1(2)	Минимальное значение радиуса рельсового пути
6.5.4.5.1(2)	Предельные значения напряжений в рельсах
6.5.4.6	Альтернативные методы расчета
6.5.4.6.1(1)	Альтернативные параметры для упрощенных методов расчета
6.5.4.6.1(4)	Продольное пластическое сопротивление сдвигу между рельсовым путем и пролетным строением
6.6.1(3)	Аэродинамические нагрузки, альтернативные значения
6.7.1(2)P	Сход с рельсов состава, дополнительные требования
6.7.1(8)P	Сход с рельсов состава, ограниченного элементами конструкции, расположенной выше уровня рельсов, и требования для удержания сошедшего с рельсов поезда на конструкции
6.7.3(1)P	Другие воздействия
6.8.1(11)P (таблица 6.10)	Количество рельсовых путей, загруженных при проверке дренажа и габарита приближения

6.8.2(2) (таблица 6.11)	Оценка групп нагрузок
6.8.3.1(1)	Часто встречающиеся значения многокомпонентных воздействий
6.8.3.2(1)	Квазипостоянные значения многокомпонентных значений
6.9(6)	Модели нагрузок для расчета на выносливость, срок эксплуатации
6.9(7)	Модели нагрузок для расчета на выносливость, специальный транспорт
приложение С(3)Р;	Динамический коэффициент
приложение С(3)Р	Метод расчета на динамику
приложение D2(2).	Частный коэффициент надежности для расчета на выносливость



## Раздел 1 Общие положения

### 1.1 Область применения

(1) EN 1991-2 определяет нагрузки (модели и их величины) от автомобильного, железнодорожного транспорта и пешеходов. В необходимых случаях, данные нагрузки включают в себя динамическую составляющую, центробежную силу, силы торможения и ускорения, а так же воздействия, вызванные аварийными расчетными ситуациями.

(2) Установленные в EN 1991-2 нагрузки предназначены для использования при проектировании новых мостов, включая промежуточные опоры и устои, шкафные стенки и крылья устоев, подпорные стены откосов насыпей и т.д. и их фундаменты.

(3) Модели нагрузок и их значения, определенные в EN 1991-2, должны использоваться при проектировании подпорных стен, прилегающих к автодорогам и железнодорожным путям.

*Примечание* — В EN 1991-2 определены модели только для некоторых случаев. При расчете заглубленных конструкций, подпорных стен и туннелей могут потребоваться положения, отличные от приведенных в EN 1990 — EN 1999. Возможные дополнительные условия могут быть определены в национальном приложении или в проектной документации для конкретного объекта.

(4) EN 1991-2 предназначен для использования совместно с EN 1990 (главным образом А.2) и EN 1991 — EN 1999.

(5) В разделе 1 приведены определения и обозначения.

(6) Раздел 2 определяет общие правила нагружения для автодорожных, пешеходных (или мостов с велосипедной дорожкой) и железнодорожных мостов.

(7) Раздел 3 рассматривает расчетные сочетания нагрузок и устанавливает правила по одновременному учету нагрузок от транспортных средств и их комбинаций с воздействиями, не относящимися к транспортным.

(8) Раздел 4 определяет:

— правила загрузки автомобильных мостов временными нагрузками от автотранспортных средств, пешеходов и велосипедистов (см. раздел 5);

— другие воздействия, учитываемые при проектировании автодорожных мостов.

(9) Раздел 5 определяет:

— нагрузки (схемы и силовые значения) на тротуары, велосипедные дорожки и пешеходные мосты

— другие воздействия, учитываемые при проектировании пешеходных мостов.

(10) Разделы 4 и 5 также определяют нагрузки, передаваемые от дорожных и перильных ограждений.

(11) Раздел 6 определяет:

— железнодорожные временные подвижные нагрузки на мосты

— другие нагрузки при проектировании железнодорожных мостов, а так же конструкций, примыкающих к железной дороге.

## 1.2 Нормативные ссылки

(1) Настоящий Европейский Стандарт содержит датированные и недатированные ссылки на стандарты и положения других документов. Нормативные ссылки, перечисленные ниже, приведены в соответствующих местах в тексте. Для датированных ссылочных документов не допускается применение иных редакций, кроме той, что указана в ссылке на данный документ. Для недатированных ссылок применяют последние издания (включая изменения).

EN 1317- Системы дорожных ограждений.

Часть 1. Терминология и общие критерии для методов испытаний

Часть 2. Классификация по удерживающей способности, критерии приемки при испытании на столкновение и методы испытаний удерживающих ограждений

Часть 6. Пешеходные ограждающие устройства, пешеходные тротуары

*Примечание* — Еврокоды были изданы как европейские предстандарты. Последующие европейские стандарты, которые были изданы или находятся на подготовительной стадии, приводятся в настоящем разделе или в примечаниях.

EN 1990 Еврокод. Основы проектирования несущих конструкций

EN 1991-1-1 Еврокод 1. Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-1. Удельный вес, постоянные и временные нагрузки на здания

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

prEN 1991-1-4 Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые нагрузки

prEN 1991-1-5 Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-5. Общие воздействия. Тепловые воздействия

prEN 1991-1-6 Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-6. Общие воздействия. Воздействия во время производства работ

prEN 1991-1-7 Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-7. Общие воздействия. Случайные воздействия

EN 1992 Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций

EN 1993 Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций

EN 1994 Еврокод 4. Проектирование сталебетонных конструкций

EN 1995 Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкций

EN 1997 Еврокод 7. Проектирование фундаментов и оснований

EN 1998 Еврокод 8. Проектирование зданий и сооружений в сейсмических зонах

EN 1999 Еврокод 9. Проектирование алюминиевых конструкций.

## 1.3 Различие между принципами и правилами применения

(1) В зависимости от положений, приведенных в настоящем стандарте, различают принципы и правила применения.

(2) Принципы включают:

— общие требования и положения, выполнение которых обязательно;

— требования и модели расчета, если не указано иное.

(3) Принципы обозначены буквой Р после номера абзаца.

(4) Правилами применения являются общепризнанные правила, которые дополняют и поясняют принципы.

(5) Допускается применять альтернативные правила расчета, отличающиеся от правил, описанных в EN 1991-2, если они соответствуют основным принципам и если

результаты расчета по несущей способности, эксплуатационной пригодности и долговечности будут, как минимум, равнозначны выполненным по Еврокодам.

*Примечание* — Если при проектировании используется отличающееся правило, то полное соответствие конструкции требованиям настоящего Стандарта необязательно, если это правило соответствует принципам EN 1991-2. Если в приложении Z стандарта на изделие или ETAG устанавливается свойство по настоящему стандарту, то применение отличающегося правила может воспрепятствовать выдаче знака CE.

(6) В EN 1991-2 правила применения обозначаются номерами абзацев в скобках, например, как показано в настоящем разделе.

## 1.4 Термины и определения

*Примечание 1* — Для возможности применения этого Европейского Стандарта используются термины и определения по EN 1990. Дополнительные термины и определения представлены в данном разделе ниже.

*Примечание 2* — Термины и определения, касающиеся дорожных ограждений, приняты по EN 1317-1.

### 1.4.1 Общие термины и определения

**1.4.1.1 пролетное строение (deck):** Элемент моста, воспринимающий нагрузки от транспортных средств, передающий нагрузку на опоры, устои и другие конструкции исключая пилоны.

**1.4.1.2 дорожные ограждающие устройства (road restraint system):** общее название ограждающих устройств для транспорта и пешеходов, применяемых на дорогах.

*Примечание* — Дорожные ограждающие устройства по способу их использования подразделяются на:

- постоянные (неподвижные) или временные (разборные, т. е. они могут удаляться и использоваться в ходе временных дорожных работ, в аварийных или подобных ситуациях);
- деформируемые или жесткие;
- односторонние, работающие только в одну сторону или двусторонние, работающие в обе стороны.

**1.4.1.3 защитное ограждающее устройство (safety barrier):** Дорожное ограждающее устройство для транспортных средств, установленное вдоль дороги или на ее разделительной полосе.

**1.4.1.4 парапетное ограждение тротуара (vehicle parapet):** Защитное ограждающее устройство, устанавливаемое на краю или рядом с краем моста или на подпорной стене или на подобных конструкциях, где существует возможность падения с высоты, обеспечивающее пешеходов и других пользователей моста дополнительной защитой.

**1.4.1.5 пешеходное ограждение (pedestrian restraint system):** Ограждение, ограничивающее и направляющее движение пешеходов.

**1.4.1.6 пешеходный парапет (pedestrian parapet):** Ограждающее устройство для пешеходов или других пользователей, расположенное вдоль моста или наверху подпорной стенки, не предназначенное для использования в качестве дорожного ограждающего устройства для транспортных средств.

**1.4.1.7 пешеходные перила (pedestrian guardrail):** Ограждающее устройство для пешеходов или других пользователей, расположенное вдоль края тротуара или

пешеходной дорожки и предназначенное для исключения доступа пешеходов и других пользователей дороги на проезжую часть или другую в опасную зону.

*Примечание* — К другим пользователям могут относиться всадники, велосипедисты и скот.

**1.4.1.8 шумовой экран (noise barrier):** Экран для уменьшения передачи шума.

**1.4.1.9 смотровой проход (inspection gangway):** Проход, обеспечивающий постоянный доступ для осмотра, закрытый для общественного движения.

**1.4.1.10 подвижная смотровая платформа (movable inspection platform):** Специальное транспортное средство, используемое для осмотра мостовых конструкций.

**1.4.1.11 пешеходный мост (footbridge):** Мост, предназначенный для движения пешеходов и/или велосипедов, на котором разрешено движение транспортных средств, обслуживающих мост.

#### **1.4.2 Специальные термины и определения для автодорожных мостов**

**1.4.2.1 проезжая часть (carriageway):** Применительно к разделам 4 и 5, часть пространства дороги, объединенная единой конструкцией (пролетным строением, опорой и т.д), включающая в себя все полосы движения (т.е. число полос, на которое может быть размечено дорожное пространство), твердые обочины, полосы безопасности, разметка (Смотри 4.2.3(1)).

**1.4.2.2 твердая обочина (hard shoulder):** Полоса с покрытием, обычно шириной, равной одной полосе движения, примыкающая к внешней полосе движения и предназначенная для использования транспортными средствами в случае затруднений движения или при наличии препятствий на полосах движения.

**1.4.2.3 полоса безопасности (hard strip):** Полоса с покрытием, шириной, как правило, 2м или менее, расположенная между полосой движения и защитным ограждением или парапетным ограждением тротуара.

**1.4.2.4 разделительная полоса (central reservation):** Область, разделяющая полосы движения дороги с двумя отдельными проезжими частями и включающая резервную полосу и боковые внешние полосы, отделенные от резервной полосы защитными ограждениями.

**1.4.2.5 полоса загрузки моста подвижной нагрузкой (notional lane):** Полоса проезжей части, параллельная краю проезжей части, которую в соответствии с разделом 4 предполагается загружать легковыми автомобилями и/или грузовиками.

**1.4.2.6 остающаяся область (remaining area):** Разность, если она есть, между полной площадью проезжей части и суммой площадей полос загрузки моста подвижной нагрузкой (рисунок 4.1).

**1.4.2.7 двухосная тележка (tandem system):** Тележка из двух осей, которые считаются одновременно загруженными.

**1.4.2.8 сверхнормативная нагрузка (abnppormal load):** Нагрузка от транспортного средства, которая не может проходить по маршруту без разрешения соответствующих властей.

### 1.4.3 Специальные термины и определения для железнодорожных мостов

**1.4.3.1 рельсовые пути (tracks):** Пути, включающие рельсы и шпалы, которые укладываются на балластную призму или непосредственно крепятся к плите проезжей части моста. Рельсовые пути могут быть снабжены температурными швами на одном конце или на обоих концах настила. Положение рельсовых путей и высота балласта могут изменяться в течение срока службы моста при обслуживании рельсовых путей.

**1.4.3.2 пешеходная дорожка (footpath):** Полоса, расположенная вдоль рельсовых путей, между рельсовыми путями и парапетами.

**1.4.3.3 резонансная скорость (resonant speed):** Транспортная скорость, при которой частота нагрузки (или величина, кратная этой частоте) совпадает с собственной частотой конструкции (или величиной, кратной собственной частоте).

**1.4.3.4 часто встречающаяся обращающаяся скорость (frequent operating speed):** Наиболее вероятная скорость в данном месте для определенного типа реального поезда (используемая при оценке выносливости).

**1.4.3.5 максимальная линейная скорость в данном месте (maximum line speed at the site):** Максимальная разрешенная скорость движения в данном месте, определенная для конкретного объекта (обычно ограниченная в соответствии с характеристиками инфраструктуры или с требованиями безопасной эксплуатации железных дорог).

**1.4.3.6 максимальная разрешенная скорость транспортного средства (maximum permitted vehicle speed):** Максимальная разрешенная скорость реальных поездов, определяемая характеристиками транспортного средства и обычно не зависящая от инфраструктуры.

**1.4.3.7 максимальная номинальная скорость (maximum nominal speed):** Максимальная линейная скорость в данном месте. Сниженная скорость, где это определено для конкретного объекта, может быть использована для проверки конкретных реальных поездов для соотношения с максимальной разрешенной скоростью транспортного средства.

**1.4.3.8 максимальная расчетная скорость (maximum design speed):** 1,2xМаксимальная номинальная скорость.

**1.4.3.9 максимальная скорость, используемая при вводе поезда в эксплуатацию (maximum train commissioning speed):** Максимальная скорость поезда при вводе его в эксплуатацию, а также при специальных испытаниях и т. п. Эта скорость, как правило, превышает максимальную разрешенную скорость транспортного средства. Соответствующие требования по пропуску такой нагрузки должны быть определены в проектной документации.

## 1.5 Обозначения

В настоящем Стандарте приняты следующие символы и обозначения.

### 1.5.1 Общие обозначения

*Примечание* — Обозначения, использованные только единожды, не указаны в нижеприведенном списке.

### Прописные буквы латинского алфавита

*L* — длина участка загрузки.

## Строчные буквы латинского алфавита

- $g_{ri}$  — группа нагрузок, где  $i$  — номер нагрузки ( $i$  изменяется от 1 до  $n$ );  
 $r$  — горизонтальный радиус проезжей части или центральной осевой линии рельсовых путей, расстояние между нагрузками колес (рисунок 6.3).

## 1.5.2 Обозначения, специально предназначенные для разделов 4 и 5

### Прописные буквы латинского алфавита

- $Q_{ak}$  — нормативное значение одноосной нагрузки (модель нагрузки 2) для автодорожного моста (см. 4.3.3);  
 $Q_{пik}$  — нормативное значение горизонтальной силы, действующей на пешеходный мост;  
 $Q_{f_{wk}}$  — нормативное значение сосредоточенной нагрузки (колесная нагрузка) на пешеходный мост (см. 5.3.2.2);  
 $Q_{ik}$  — величина нормативной осевой нагрузки (модель нагрузки 1) на полосу загрузки моста подвижной нагрузкой с номером  $i$  ( $i = 1, 2, \dots$ ) автодорожного моста;  
 $Q_{lk}$  — величина нормативных продольных сил (силы торможения и ускорения), действующих на автодорожный мост;  
 $Q_{serv}$  — модель нагрузки, соответствующая обслуживающему транспортному средству для пешеходных мостов;  
 $Q_{tk}$  — величина нормативных поперечных или центробежных сил на автодорожных мостах;  
 $Q_{trk}$  — поперечная сила торможения на автодорожных мостах;  
TS — двухосная тележка для модели нагрузки 1;  
UDL — равномерно распределенная нагрузка для модели нагрузки 1.

### Строчные буквы латинского алфавита

- $f_h$  — собственная горизонтальная частота моста;  
 $f_v$  — собственная вертикальная частота моста;  
 $n_1$  — количество полос загрузки автодорожного моста подвижной нагрузкой;  
 $q_{eq}$  — эквивалентная равномерно распределенная нагрузка для осевых нагрузок на насыпях моста (см. 4.9.1);  
 $q_{fk}$  — нормативная вертикальная равномерно распределенная нагрузка на тротуары или пешеходные мосты;  
 $q_{ik}$  — величина нормативной вертикальной распределенной нагрузки (модель нагрузки 1) на полосу загрузки автодорожного моста подвижной нагрузкой с номером  $i$  ( $i = 1, 2, \dots$ );  
 $q_{rk}$  — величина нормативной вертикальной распределенной нагрузки на остающейся области проезжей части (модель нагрузки 1);  
 $w$  — ширина проезжей части для автодорожного моста, включая твердые обочины, полосы безопасности и полосы разметки (см. 4.2.3(1));  
 $w_1$  — ширина полосы загрузки автодорожного моста подвижной нагрузкой.

### Прописные буквы греческого алфавита

- $\Delta\varphi_{fat}$  — дополнительный динамический коэффициент при расчете на выносливость в зоне деформационных швов (см. 4.6.1(6)).

### Строчные буквы греческого алфавита

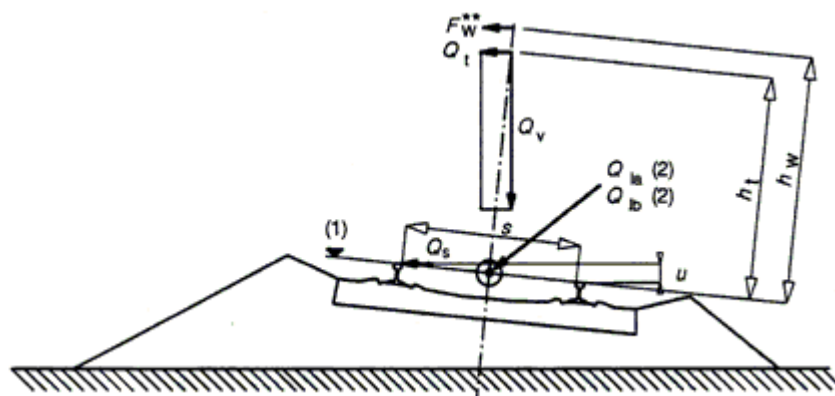
$\alpha_{qi}, \alpha_{qi}$  — поправочные коэффициенты в некоторых моделях нагрузки для полосы движения с номером  $i$  ( $i = 1, 2, \dots$ ), определенные в 4.3.2;

$\alpha_{qr}$  — поправочный коэффициент моделей нагрузки для остающейся области, определенный в 4.3.2;

$\beta_Q$  — поправочный коэффициент модели нагрузки 2, определенный в 4.3.3;

$\varphi_{fat}$  — динамический коэффициент для расчета на выносливость (приложение В).

### 1.5.3 Обозначения, специально предназначенные для раздела 6



(1) — контактная поверхность рельса;

(2) — продольные силы, действующие вдоль центральной линии рельсовых путей

**Рисунок 1.1 — Обозначения и размеры, специально предназначенные для железных дорог**  
**Прописные буквы латинского алфавита**

$A_{(L/\lambda)} G_{(i)}$  — агрессивность (см. уравнения (E.4) и (E.5));

$D$  — длина пассажирского вагона или транспортного средства;

$D_{IC}$  — длина промежуточного пассажирского вагона поезда регулярного обращения с одной осью на пассажирский вагон;

$E_{cm}$  — модуль сдвига для тяжелого бетона;

$F_L$  — полная продольная опорная реакция;

$F_{Qk}$  — нормативная продольная сила в расчете на один рельсовый путь, действующая на неподвижную опорную часть пролетного строения и вызванная деформацией пролетного строения;

$F_{Tk}$  — продольная сила, действующая на неподвижную опорную часть пролетного строения и вызванная температурным воздействием на рельсовые пути и пролетное строение;

$F_W^{**}$  — сила ветра;

$F_{li}$  — отдельная продольная опорная реакция, соответствующая воздействию с номером  $i$ ;

$G$  — собственный вес (полный);

$H$  — высота между (горизонтальной) осью вращения (неподвижной) опорной части пролетного строения и верхней поверхностью плиты проезда (подшва балласта ниже рельсовых путей);

$K$  — полная продольная жесткость опоры;

$K_2$  — продольная жесткость опоры в расчете на погонный метр рельсового пути,  $2E3$  кН/м;

$K_5$  — продольная жесткость опоры в расчете на погонный метр рельсового пути,  $5E3$  кН/м;

$K_{20}$  — продольная жесткость опоры в расчете на погонный метр рельсового пути, 20ЕЗ кН/м;  
 $L$  — длина (общая);  
 $L_T$  — длина участка теплового расширения;  
 $L_{TP}$  — максимально допустимая длина участка теплового расширения;  
 $L_f$  — длина участка загрузки части криволинейного рельсового пути;  
 $L_i$  — длина участка загрузки;  
 $L_{\Phi}$  — «определяющая» длина (длина, связанная с  $\Phi$ );  
 $M$  — количество сосредоточенных сил в поезде;  
 $N$  — количество регулярно повторяющихся пассажирских вагонов или транспортных средств, или количество осей, или количество равных сосредоточенных сил;  
 $P$  — сосредоточенная сила;  
— отдельная осевая нагрузка;  
 $Q$  — сосредоточенная сила или временная нагрузка;  
 $Q_{A1d}$  — сосредоточенная нагрузка для подвижной нагрузки при сходе с рельсов;  
 $Q_h$  — горизонтальная сила (суммарная);  
 $Q_k$  — нормативное значение сосредоточенной силы или временной нагрузки (например, нормативное значение вертикальной нагрузки на служебный проход);  
 $Q_{lak}$  — нормативное значение тягового усилия;  
 $Q_{lbk}$  — нормативное значение силы торможения;  
 $Q_r$  — воздействие от временных нагрузок (общее, например совокупное воздействие ветра и центробежной силы);  
 $Q_{sk}$  — нормативное значение поперечной нагрузки от колес;  
 $Q_{tk}$  — нормативное значение центробежной силы;  
 $Q_v$  — вертикальная осевая нагрузка;  
 $Q_{vi}$  — колесная нагрузка;  
 $Q_{vk}$  — нормативное значение вертикальной нагрузки (сосредоточенная нагрузка);  
 $\Delta T$  — изменение температуры;  
 $\Delta T_D$  — изменение температуры пролетного строения;  
 $\Delta T_N$  — изменение температуры;  
 $\Delta T_R$  — изменение температуры рельсов;  
 $V$  — скорость, км/ч;  
— максимальная линейная скорость в данном месте, км/ч;  
 $X_i$  — длина поезда, состоящего из  $i$  осей.

### Строчные буквы латинского алфавита

$a$  — расстояние между шпалами, длина распределенных нагрузок (модели нагрузки SW/0 и SW/2);  
 $a_g$  — горизонтальное расстояние до середины рельсовых путей;  
 $a'_g$  — эквивалентное горизонтальное расстояние до середины рельсовых путей;  
 $b$  — длина продольного распределения нагрузки от шпал и балласта;  
 $c$  — пространство между распределенными нагрузками (модели нагрузки SW/0 и SW/2);  
 $d$  — регулярный интервал для групп осей;  
— интервал между осями в пределах тележки;  
— интервал между сосредоточенными силами (модели HSLM-B);  
 $d_{BA}$  — интервал между осями в пределах тележки;  
 $d_{BS}$  — интервал между центрами смежных тележек;  
 $e$  — эксцентриситет вертикальных нагрузок, эксцентриситет результирующего воздействия (на плоскости отсчета);  
 $e_c$  — расстояние между смежными осями двух отдельных секций поезда;  
 $f$  — понижающий коэффициент для центробежной силы;  
 $f_{ck}$ ,  $f_{ck,cube}$  — нормативное сопротивление тяжелого бетона осевому сжатию цилиндра/куба;  
 $g$  — ускорение свободного падения;



$h$  — высота (полная);  
 — высота покрытия, включая балласт, от вершины плиты проезда до вершины шпалы;  
 $h_g$  — расстояние по вертикали от контактной поверхности рельса до конструкции выше рельсовых путей;  
 $h_t$  — высота приложения центробежной силы над контактной поверхностью рельса;  
 $h_w$  — высота приложения силы ветра над контактной поверхностью рельса;  
 $k$  — продольное упругое сопротивление сдвигу для рельсовых путей;  
 $k_1$  — коэффициент формы поезда;  
 $k_2$  — коэффициент воздействия разряжения давления за поездом на вертикальные поверхности, параллельной рельсовым путям;  
 $k_3$  — понижающий коэффициент воздействия разряжения давления за поездом на горизонтальные поверхности, примыкающие к рельсовым путям;  
 $k_4$  — коэффициент воздействия разряжения давления за поездом на поверхности(конструкции), окружающие рельсовые пути (горизонтальные воздействия);  
 $k_5$  — коэффициент воздействия разряжения давления за поездом на поверхности(конструкции), окружающие рельсовым путям (вертикальные воздействия);  
 $k_{20}$  — продольное упругое сопротивление сдвигу для рельсовых путей, 20 кН/м рельсового пути;  
 $k_{40}$  — продольное упругое сопротивление сдвигу для рельсовых путей, 40 кН/м рельсового пути;  
 $k_{60}$  — продольное упругое сопротивление сдвигу для рельсовых путей, 60 кН/м рельсового пути;  
 $n_0$  — первая собственная частота изгиба разгруженной конструкции;  
 $n_T$  — первая собственная частота кручения конструкции;  
 $q_{A1d}, q_{A2d}$  — распределенная нагрузка для расчета при сходе с рельсов;  
 $q_{fk}$  — нормативное значение вертикальной нагрузки на служебный проход (равномерно распределенная нагрузка);  
 $q_{ik}$  — нормативное значение эквивалентного распределенного аэродинамического воздействия;  
 $q_{Iak}$  — нормативное значение распределенной силы тяги;  
 $q_{Ibk}$  — нормативное значение распределенной силы торможения;  
 $q_{tk}$  — нормативное значение распределенной центробежной силы;  
 $q_{v1}, q_{v2}$  — вертикальная нагрузка (равномерно распределенная нагрузка);  
 $q_{vk}$  — нормативное значение вертикальной нагрузки (равномерно распределенная нагрузка);  
 $r$  — радиус кривизны рельсового пути;  
 — поперечное расстояние между колесными нагрузками;  
 $s$  — ширина железнодорожной колеи;  
 $u$  — наклон, относительное вертикальное расстояние между головками двух рельсов в определенном месте вдоль рельсовых путей;  
 $v$  — максимальная номинальная скорость, м/с;  
 — максимальная разрешенная скорость транспортного средства, м/с;  
 $v_{DS}$  — максимальная расчетная скорость, м/с;  
 $v_i$  — резонансная скорость, м/с;  
 $U_{dyn}, U_{stat}$  — максимальная реакция на динамическое воздействие и максимальная соответствующая ей статическая реакция в любой точке конструкции.

### Прописные буквы греческого алфавита

$\Theta$  — угол поворота торцевого сечения конструкции (полный);  
 $\Phi$  ( $\Phi_2, \Phi_3$ ) — динамический коэффициент для железнодорожных моделей нагрузок 71, SW/0 и SW/2.

## Строчные буквы греческого алфавита

- $\alpha$  — коэффициент класса нагрузки;  
— коэффициент скорости;  
— температурный коэффициент линейного расширения;
- $\beta$  — отношение расстояния между нейтральной осью и поверхностью плиты проезда к высоте  $H$ ;
- $\delta$  — деформация (общая);  
— вертикальный прогиб;
- $\delta_0$  — прогиб в середине пролета, вызванный постоянными нагрузками;
- $\delta_B$  — продольное относительное перемещение торца пролетного строения, вызванное тяговым усилием и торможением;
- $\delta_H$  — продольное относительное перемещение торца пролетного строения, вызванное деформацией пролетного строения;
- $\delta_h$  — горизонтальное перемещение;  
— горизонтальное перемещение, вызванное продольным перемещением оснований фундаментов;
- $\delta_p$  — горизонтальное перемещение, вызванное продольной деформацией фундамента;
- $\delta_V$  — вертикальное относительное перемещение торца пролетного строения;
- $\delta_\varphi$  — горизонтальное перемещение, вызванное продольным креном основания;
- $\gamma_{FF}$  — коэффициент надежности для нагрузки по выносливости;
- $\gamma_{Mf}$  — коэффициент надежности для усталостной прочности;
- $\varphi, \varphi', \varphi''$  — динамические коэффициенты к статической нагрузке для реальных поездов;
- $\varphi'_{dyn}$  — динамический коэффициент к статической нагрузке для реального поезда, определенный на основе расчетов по динамической нагрузке;
- $K$  — коэффициент перехода от жесткости устоя к промежуточным опорам;
- $\lambda$  — коэффициент эквивалентных повреждений для выносливости;  
— длина волны возбуждения;
- $\lambda_C$  — критическая длина волны возбуждения;
- $\lambda_i$  — основная длина волны возбуждения;
- $\lambda_v$  — длина волны возбуждения при максимальной расчетной скорости;
- $\rho$  — плотность;
- $\sigma$  — напряжение;
- $\sigma_A, \sigma_B, \sigma_M$  — давление на верхнюю поверхность плиты проезда, вызванное временными нагрузками;
- $\Delta\sigma_{71}$  — диапазон напряжений, вызванный моделью нагрузки 71 (и, где необходимо, моделью SW/0);
- $\Delta\sigma$  — номинальное значение усталостной прочности;
- $\xi$  — понижающий коэффициент для определения продольных сил в неподвижных опорных частях разрезного пролетного строения, возникающих вследствие тяговых усилий и сил торможения;
- $\zeta$  — нижняя граница критического демпфирования, %, или коэффициент затухания, в процентах;
- $\zeta_{TOTAL}$  — полное демпфирование, %;
- $\Delta\xi$  — дополнительное демпфирование, %.

## **2 Классификация воздействий**

### **2.1 Общие положения**

(1) Необходимые нагрузки от транспорта и другие воздействия на мосты должны быть классифицированы в соответствии с EN 1990, раздел 4 (4.1.1).

(2) Нагрузки от транспорта на автодорожные, пешеходные и железнодорожные мосты разделяются на временные нагрузки и нагрузки, связанные с аварийными расчетными случаями, которые описываются различными моделями.

(3) Все транспортные нагрузки должны быть определены как свободные воздействия в рамках пределов, изложенных в разделах 4 – 6.

(4) Транспортные нагрузки являются многокомпонентными воздействиями.

### **2.2 Временные нагрузки**

(1) При нормальных условиях эксплуатации (т. е. когда исключена любая аварийная ситуация) нагрузки от транспорта и пешеходов (при необходимости, с учетом динамической составляющей) следует рассматривать как временные воздействия.

(2) Типичными представителями временных воздействий являются:

— нормативные значения, которые являются или статистическими т. е. соответствующими ограниченной вероятности превышения значения в течение расчетного эксплуатационного срока службы моста или номинальными ( EN 1990, 4.1.2(7));

— часто повторяющиеся значения;

— квазипостоянные значения.

*Примечание 1* — В таблице 2.1 приведены сведения по корректировке основных моделей нагрузки (исключая выносливость) для автодорожных и пешеходных мостов. Нагрузка от железной дороги и соответствующие коэффициенты  $\gamma$  и  $\psi$  были получены при использовании метода (a) (рисунок С.1 EN 1990).

**Таблица 2.1 — Сведения по корректировке основных моделей нагрузки (исключая выносливость)**

Модель нагрузки от транспортных средств	Нормативное значение	Часто встречающиеся значения	Псевдостатическое значение
1	2	3	4
<b>Автодорожные мосты</b>			
Модель LM1 (4.3.2)	1000 лет период повторяемости (или вероятность превышения 5 % в течение 50 лет) для движения по основным дорогам Европы, $\alpha = 1$ (см. 4.3.2)	Период повторяемости — 1 нед для движения по основным дорогам Европы, $\alpha = 1$ (см. 4.3.2)	Корректировка в соответствии с положением, приведенным в EN 1990
Модель LM2 (4.3.3)	1000 лет период повторяемости (или вероятность превышения 5 % в течение 50 лет) для движения по основным дорогам Европы, $\beta = 1$ (см. 4.3.2)	Период повторяемости — 1 нед для движения по основным дорогам Европы, $\beta = 1$ (см. 4.3.2)	Не применяются
Модель LM3 (4.3.4)	Набор номинальных значений. Основные значения, определенные в приложении А, получены на основе обобщения, опирающегося на различные национальные законодательства	Не применяются	Не применяются
Модель LM4 (4.3.5)	Полагают, что номинальное значение отражает воздействие от толпы. Определено в соответствии с существующими национальными стандартами	Не применяются	Не применяются
<b>Пешеходные мосты</b>			
Равномерно распределенная нагрузка (5.3.2.1)	Полагают, что номинальное значение представляет воздействие «толпы». Определяется в соответствии с существующими национальными стандартами	Эквивалентная статическая сила, полученная на основе предположения о нахождении двух пешеходов на $m^2$ (при отсутствии учета динамического поведения). Можно полагать, что для пешеходных мостов в городских зонах это соответствует нагрузке с периодом повторяемости в 1 нед	Калибровка в соответствии с определением, приведенным в EN 1990
Сосредоточенная нагрузка (5.3.2.2)	Номинальное значение, определенное в соответствии с существующими национальными стандартами	Не применяются	Не применяются
Транспортное обслуживающее средство (5.3.2.3))	Номинальное значение. Определено или дано в 5.6.3	Не применяются	Не применяются

*Примечание 2* — Для автодорожных мостов национальное приложение может определять «нечасто встречающиеся значения», в результате чего имеется приблизительное соответствие среднему периоду повторяемости в 1 год для движения по основным магистралям Европы (см. EN 1992-2, EN 1994-2 и EN 1990, A2).

(3) Для расчета выносливости мостов определены отдельные модели, соответствующие значения и, где это целесообразно, требования. Приведено в 4.6 — для автодорожных мостов, в 6.9 — для железнодорожных мостов и в соответствующих приложениях.

### **2.3 Нагрузки от аварийных расчетных случаев**

(1) Транспортные средства и поезда могут создавать воздействия, из-за их аварии или неисправного состояния. Эти воздействия следует учитывать при расчете конструкции, если не предусмотрены соответствующие меры защиты от этих воздействий.

*Примечание* — Соответствующие меры защиты могут быть определены в национальном приложении или в проектной документации.

(2) Воздействия от аварийных расчетных ситуаций, описанные в настоящем Стандарте, относятся к общим ситуациям. Они представлены различными моделями нагрузок, определяющими расчетные значения в виде статических эквивалентных нагрузок.

(3) Воздействия для аварийных расчетных ситуаций под автодорожными, пешеходными и железнодорожными мостами приведены в 4.7.2 и 5.6.2.

(4) При необходимости следует определять силы столкновения, вызванные лодками, судами или самолетами для автодорожных, пешеходных и железнодорожных мостов (например,двигающимися по каналам и судоходным путям).

*Примечание* — Национальное приложение может определять ударные силы. Рекомендуемые значения для столкновений с лодками и судами приведены в EN 1991-1-7. Дополнительные требования могут быть определены в проектной документации.

(5) Воздействия для аварийных расчетных ситуаций, обусловленных присутствием дорожных транспортных средств на автодорожных и пешеходных мостах, определены в 4.7.3 и 5.6.3 соответственно.

(6) Воздействия при аварийных расчетных ситуациях, связанных с поездами или железнодорожной инфраструктурой, определены в 6.7. Они применяются там, где это целесообразно, к автодорожным, пешеходным и железнодорожным мостам.

### 3 Расчетные случаи

(1)Р Должны быть рассмотрены выбранные расчетные случаи и установлены случаи критического нагружения. Для каждого случая критического нагружения должны быть определены расчетные значения результатов нагружения, действующих в сочетаниях.

*Примечание* — Для мостов, на которых установлены знаки ограничения веса транспортных средств, следует принимать во внимание аварийную расчетную ситуацию, соответствующую проезду по сооружению одного транспортного средства в нарушение предупреждений.

(2) Различные нагрузки от транспортных средств, которые должны быть учтены как одновременно действующие (сочетания нагрузок), описаны в последующих разделах; каждую из этих нагрузок следует, как правило, учитывать в расчетах.

(3)Р Правила сочетания нагрузок, в зависимости от типа проводимого расчета, должны соответствовать EN 1990.

*Примечание* — Указания и правила сочетания нагрузок от сейсмике для мостов приведены в EN 1998-2.

(4) Правила одновременного учета других воздействий для автодорожных, пешеходных и железнодорожных мостов приведены в EN 1990 (приложение А.2).

(5) Для мостов, предназначенных как для автомобильного, так и для железнодорожного движения, должны быть определены суммарные воздействия и специальные проверки.

*Примечание* — Конкретные правила могут быть определены в национальном приложении или в проектной документации.

## **4 Воздействия от дорожного движения и другие воздействия на автодорожные мосты**

### **4.1 Область применения**

(1) Модели нагрузки, определенные в данном разделе, должны использоваться при расчете автодорожных мостов с длиной участков загрузки, не превышающей 200 м.

*Примечание 1* — Длина 200 м соответствует максимальной длине, учитываемой при корректировке модели нагрузки 1 (см. 4.3.2). Как правило, использование модели нагрузки 1 является безопасным для длины участков загрузки, превышающей 200 м.

*Примечание 2* — Модели нагрузки для длины участков загрузки, превышающей 200 м, могут быть определены в национальном приложении или в проектной документации.

(2) Модели и связанные с ними правила охватывают все возможные нормальные транспортные ситуации (т. е. условия перемещения в любом направлении по любой полосе), которые следует учитывать в расчетах (см. (3) и примечания в 4.2.1).

*Примечание 1* — В национальном приложении или в проектной документации могут быть определены специальные модели, которые будут использоваться при проектировании мостов, оборудованных соответствующими средствами, включая дорожные знаки, предназначенные для строгого ограничения веса транспортного средства (например, для местных, сельскохозяйственных или частных дорог).

*Примечание 2* — Модели нагрузки для устоев и стен, примыкающих к мостам, определяются отдельно (см. 4.9). Они обусловлены моделями дорожного движения без учета динамических эффектов. Для мостов рамной системы нагрузки на подходных насыпях могут также привести к воздействиям на конструкцию моста.

(3) Влияние нагрузок на участки дорожного строительства (например, нагрузки от скреперов, грузовиков, перевозящих землю, и т. д.) или нагрузок, предназначенных для осмотра и испытаний, не учитывается этими моделями нагрузок и должно определяться отдельно.

### **4.2 Описание нагрузок**

#### **4.2.1 Модели нагрузок от автомобильного транспорта**

(1) Нагрузки от дорожного движения, в котором участвуют автомобили, грузовики и специальные транспортные средства (например, для промышленных перевозок), приводят к возникновению вертикальных и горизонтальных, статических и динамических сил.

*Примечание 1* — Модели нагрузки, определенные в настоящем разделе, не описывают реальные нагрузки. Они были выбраны и откорректированы таким образом, чтобы результаты нагружения (с динамической составляющей, включенной там, где это указано) отражали воздействие реального транспортного потока в европейских странах в 2000 г.

*Примечание 2* — Национальное приложение может определять также дополнительные модели нагрузки, а так же правила сочетания, в том случае, если транспортные потоки выходят за рамки моделей нагрузки, определенные в данном разделе.

*Примечание 3* — Включенная в эти модели динамическая добавка (исключая выносливость), хотя и определяется для среднего качества дорожного покрытия (приложение В) и пневматической подвески транспортного средства, зависит от различных параметров рассматриваемого воздействия. Поэтому оно не может быть описано единым коэффициентом. В некоторых неблагоприятных случаях значение добавки может достигать 1,7 (местные эффекты). Наиболее неблагоприятные значения могут

приниматься при плохом качестве дорожного покрытия или если есть риск возникновения резонанса. Таких случаев можно избежать путем выбора соответствующего качества покрытия и критериев расчета. Поэтому дополнительную динамическую добавку, как правило, следует учитывать при расчетах (см. 4.6.1.(б)) или в проектной документации.

(2) При проектировании моста должны быть учтены и определены нагрузки от транспортных средств, не удовлетворяющие национальному законодательству по предельному весу или размерам, для которых не требуется специальных разрешений для пропуски, а так же военные нагрузки.

*Примечание* — Национальное приложение может определять эти модели. Указания по стандартным моделям для специальных транспортных средств и по их применению даны в приложении А (см. 4.3.4).

#### **4.2.2 Классы нагрузки**

(1) Реальные нагрузки на автодорожных мостах возникают вследствие воздействия различных категорий транспортных средств и пешеходов.

(2) Поток транспортных средств на мостах может различаться в зависимости от его состава (процентного содержания грузовиков), плотности (среднего количества транспортных средств в год), условий (например, частоты возникновения заторов), предельного вероятного веса транспортных средств и их осевых нагрузок и дорожных знаков, ограничивающих грузоподъемность.

Эти отличия должны учитываться с помощью моделей нагрузок, соответствующих месту расположения моста (например, применяя поправочные коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$ , определенные в 4.3.2 — для модели нагрузки 1 и в разделе 4.3.3 — для модели нагрузки 2 соответственно).

#### **4.2.3 Разделение проезжей части на полосы загрузки моста подвижной нагрузкой**

(1) Ширина проезжей части  $w$  должна измеряться между бордюрами или между внутренними поверхностями ограждающих устройств и не должна включать расстояние между креплениями ограждающих устройств или бордюрами разделительной полосы, а также ширину этих ограждающих устройств.

*Примечание* — Национальное приложение может определять минимальную величину высоты бордюра, которая должна быть принята во внимание. Рекомендуемое минимальное значение этой высоты составляет 100 мм.

(2) Ширина  $w_1$  полос загрузки моста подвижной нагрузкой на проезжей части и наибольшее из возможных количество (целое число)  $n_1$  таких полос движения на проезжей части приведены в таблице 4.1.



**Таблица 4.1 — Количество и ширина полос загрузки моста подвижной нагрузкой**

Ширина проезжей части $w$ , м	Количество полос загрузки моста подвижной нагрузкой	Ширина полосы загрузки моста подвижной нагрузкой $w_i$ , м	Ширина оставшейся области, м
$w < 5,4$	$n_1 = 1$	3	$w - 3$
$5,4 \leq w < 6$	$n_1 = 2$	$w/2$	0
$w \geq 6$	$n_1 = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right)$	3	$w - 3n_1$

*Примечание* — Например, для ширины проезжей части, равной 11 м,  $n_1 = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right) = 3$ , и ширина оставшейся области равна  $11 - 3 \times 3 = 2$  м.

(3) Для переменной ширины проезжей части количество полос загрузки моста подвижной нагрузкой должно быть определено в соответствии с правилами, используемыми для таблицы 4.1.

*Примечание* — Например, количество полос загрузки моста подвижной нагрузкой будет равно:

- 1, если  $w < 5,4$ ;
- 2, если  $5,4 \leq w < 9$ ;
- 3, если  $9 \leq w < 12$  и т. д.

(4) Если проезжая часть физически разделена на две части, между которыми располагается разделительная полоса, то:

(а) каждая часть, включая все твердые обочины или полосы безопасности, должна быть разделена на полосы загрузки моста подвижной нагрузкой, если эти части разделены постоянными ограждающими устройствами;

(б) вся проезжая часть, включая разделительную полосу, должна быть разделена на полосы загрузки моста подвижной нагрузкой, если части отделены временными ограждающими устройствами.

*Примечание* — Правила, приведенные в 4.2.3(4), могут быть применены в проектной документации, с учетом предусмотренных будущих изменений полос движения на пролетном строении, например для ремонта.

#### 4.2.4 Расположение и нумерация полос движения при проектировании

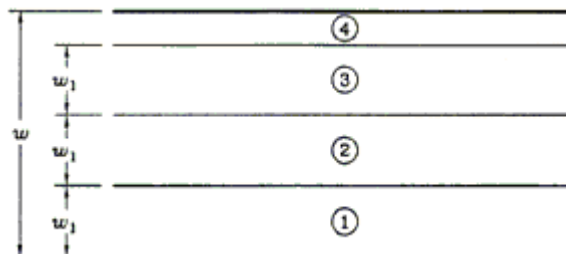
Расположение и нумерацию полос движения следует определять в соответствии со следующими правилами.

(1) Положение полос загрузки моста подвижной нагрузкой не связано с их нумерацией.

(2) Для каждой конкретной проверки (например, для проверки предельного состояния по прочности поперечного сечения на изгиб) количество полос движения, которое учитывается как нагруженные, их расположение на проезжей части и нумерация должны быть выбраны так, чтобы результаты, полученные на основании применения модели нагрузки, были самыми неблагоприятными.

(3) Для характерных значений и моделей при расчете на выносливость, расположение и нумерация полос движения должны быть выбраны с учетом обычного ожидаемого транспортного потока.

(4) Полоса движения, дающая самый неблагоприятный результат, является полосой движения номер 1, а полоса движения, дающая второй самый неблагоприятный результат, является полосой движения номер 2 и т. д. (рисунок 4.1).



$w$  — ширина проезжей части;  $w_1$  — ширина полосы загрузки моста подвижной нагрузкой;  
1 — полоса загрузки моста подвижной нагрузкой номер 1;  
2 — полоса загрузки моста подвижной нагрузкой номер 2;  
3 — полоса загрузки моста подвижной нагрузкой номер 3; 4 — остающиеся области

**Рисунок 4.1 — Пример нумерации полос движения в самом общем случае**

(5) Если проезжая часть состоит из двух отдельных частей на одном и том же пролетном строении, то следует использовать единую нумерацию для всей проезжей части.

*Примечание* — В случае, если проезжая часть разделена на две отдельные части, в любую из них может попасть только одна полоса движения номер 1.

(6) Если проезжая часть состоит из двух отдельных частей на двух независимых пролетных строениях, каждая из этих частей должна рассматриваться как отдельная проезжая часть. В этом случае при расчете каждого пролетного строения должна использоваться отдельная нумерация. Если эти два пролетного строения опираются на одни и те же промежуточные опоры и/или устои, то следует применять единую нумерацию для этих двух частей при расчете промежуточных опор и/или устоев.

#### **4.2.5 Применение моделей нагрузки к отдельным полосам движения**

(1) Для каждой конкретной проверки модель нагрузки на каждой полосе загрузки должна иметь такую длину и быть так продольно расположенной, чтобы вызывать самый неблагоприятный результат из всех возможных. При этом стоит учитывать правила загрузки, определенные ниже для каждой конкретной модели.

(2) На оставшейся области, следуя условиям, представленным в 4.3., нагрузка должна быть установлена на такие значения длины и ширины, чтобы получался самый неблагоприятный результат.

(3) Различные модели нагрузки должны сочетаться друг с другом (см. 4.5), а также с моделями для пешеходных или велосипедных нагрузок, если это соответствует условиям эксплуатации моста.

### 4.3 Вертикальные нагрузки — нормативные значения

#### 4.3.1 Общие расчетные случаи.

(1) Нормативные нагрузки используются для проверки предельных состояний 1 группы и для специальных проверок эксплуатационной пригодности (EN 1990 – EN 1999).

(2) Модели нагрузки для вертикальных воздействий отражают следующие воздействия транспортных потоков:

a) модель нагрузки 1 (LM1): сосредоточенные и равномерно распределенные нагрузки, которые охватывают большинство результатов воздействия от движения грузовиков и автомобилей. Эта модель должна использоваться для общих и местных проверок;

b) модель нагрузки 2 (LM2): одноосная нагрузка, приложенная к определенным площадкам контакта с шиной, которая описывает местное динамическое воздействие обычного транспортного потока;

*Примечание 1* — Модель LM2 может быть определяющей в диапазоне длины загрузки от 3 до 7 м.

*Примечание 2* — Использование модели LM2 может быть определено в национальном приложении.

c) модель нагрузки 3 (LM3): совокупность осевых нагрузок, представляющих специальные транспортные средства (например, для промышленных перевозок), которые могут перемещаться по маршрутам, разрешенным для сверхнормативных нагрузок. Она предназначена для общих и местных проверок;

d) модель нагрузки 4 (LM4): нагрузка от толпы, предназначенная только для общих проверок;

*Примечание* — Нагрузка от толпы может быть определяющей для мостов, расположенных в городах или вблизи них, если ее результаты не перекрываются моделью нагрузки 1.

(3) Модели нагрузки 1, 2 и 3, как правило, должны учитываться для любого типа расчетного случая (например, для кратковременных ситуаций во время ремонтных работ).

(4) Модель нагрузки 4 должна использоваться только для кратковременных расчетных ситуаций.

#### 4.3.2 Модель нагрузки 1

(1) Модель нагрузки 1 состоит из двух различных систем.

(a) Двухосные сосредоточенные нагрузки (двухосная тележка TS), причем каждая ось имеет следующую нагрузку:

$$\alpha_Q Q_k, \tag{4.1}$$

где  $\alpha_Q$  — поправочный коэффициент.

— При расчетах одной полосы загрузки моста подвижной нагрузкой следует учитывать не более одной двухосной тележки.

— Следует учитывать только полные двухосные тележки.

— Для общих проверок следует принимать, что каждая двухосная тележка передвигается по центральной оси полосы загрузки моста подвижной нагрузкой (см. (5) для местных проверок и рисунок 4.2b).

— Каждая ось двухосной тележки должна учитываться с двумя одинаковыми колесами, т. е. нагрузка на каждое колесо должна быть равной  $0,5\alpha_Q Q_k$ .

— Контактная поверхность каждого колеса является квадратной со стороной, равной 0,40 м (см. рисунок 4.2b).

(b) Равномерно распределенные нагрузки (система UDL), имеют следующую интенсивность на квадратный метр полосы загрузки моста:

$$\alpha_q q_k, \quad (4.2)$$

где  $\alpha_q$  — поправочный коэффициент.

Равномерно распределенные нагрузки должны применяться только в неблагоприятных местах загрузки, в продольном и поперечном направлениях.

*Примечание* — Модель LM1 предназначена для описания ситуаций нормального потока, перегруженных случаев или ситуаций дорожных пробок с высоким процентом присутствия тяжелых грузовиков. Как правило, если эта модель используется с базовыми величинами, она описывает влияние специального транспортного средства в 600 кН, как это определено в приложении А.

(2) Модель нагрузки 1 должна быть применена для каждой полосы загрузки моста подвижной нагрузкой, а так же для остающихся областей.

На полосе загрузки моста подвижной нагрузкой с номером  $i$  значения нагрузки обозначаются как  $\alpha_{Qi} Q_{ik}$  и  $\alpha_{qi} q_{ik}$  (см. таблицу 4.2). На остающихся областях величина нагрузки обозначается  $\alpha_{qr} q_{rk}$ .

(3) Значения поправочных коэффициентов  $\alpha_{Qi}$ ,  $\alpha_{qi}$  и  $\alpha_{qr}$  следует принимать в зависимости от ожидаемого транспортного потока и, как правило, в зависимости от различных классов маршрутов. При отсутствии специальных указаний эти коэффициенты должны быть приняты равными 1.

*Примечание 1* — Значения коэффициентов  $\alpha_{Qi}$ ,  $\alpha_{qi}$  и  $\alpha_{qr}$  даны в национальном приложении. Во всех случаях, для мостов без дорожных знаков, ограничивающих вес транспортного средства, рекомендуются следующие минимальные значения:

$$\alpha_{Qi} \geq 0,8; \quad (4.3)$$

для:  $i \geq 2$ ,  $\alpha_{qi} \geq 1$  — это ограничение не применяется к  $\alpha_{qr}$ .

(4.4)

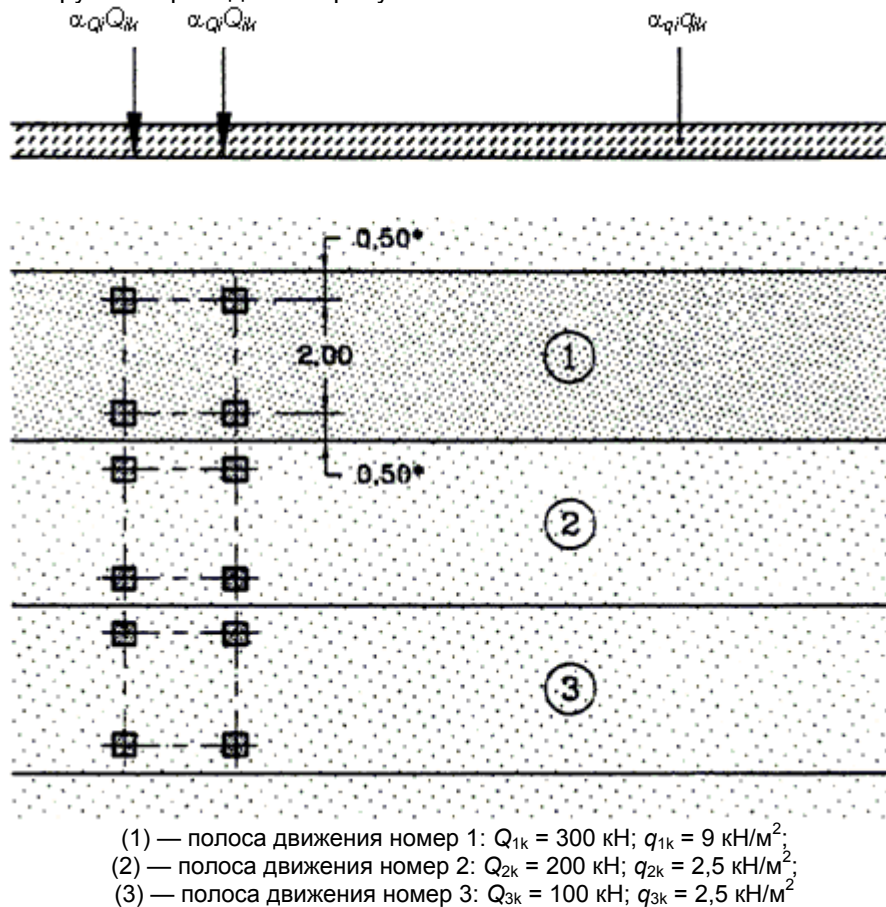
*Примечание 2* — В национальном приложении значения коэффициентов могут соответствовать классам транспортного потока. Если они берутся равными 1, то они соответствуют такой ситуации, когда ожидается напряженное международное городское движение, представляющее собой большую часть полного транспортного потока автомобилей большой грузоподъемности. Для более общих транспортных направлений (шоссе или автострады) может быть применено умеренное уменьшение (10 % – 20 %) коэффициентов  $\alpha$  для двухосных тележек и равномерно распределенных нагрузок на полосе движения 1.

(4) Нормативные значения  $Q_{ik}$  и  $q_{ik}$  (включая динамическую добавку) приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 — Модель нагрузки 1: нормативные значения

Расположение	Двухосная тележка TS	Система UDL
	Осевая нагрузка $Q_{ik}$ , кН	$q_{ik}$ , кН/м <sup>2</sup>
Полоса движения номер 1	300	9
Полоса движения номер 2	200	2,5
Полоса движения номер 3	100	2,5
Другие полосы движения	0	2,5
Остающаяся область $q_{rk}$	0	2,5

Модель нагрузки 1 приведена на рисунке 4.2а.



\* Для  $w_l = 3,0$  м

Рисунок 4.2а — Применение модели нагрузки 1

*Примечание* — Применение разделов 4.2.4(2) и 4.3.2(1) к (4) для этой модели фактически состоит в выборе местоположения пронумерованных полос движения и положения двухосных тележек (в большинстве случаев в одном и том же поперечном сечении). Длина и ширина нагружения равномерно-распределенными нагрузками UDL выбирается исходя из рассмотрения поверхностей влияния.

(5) При местных проверках двухосная тележка устанавливается в наиболее неблагоприятном местоположении. Если учитываются две двухосные тележки на смежных полосах загрузки, они могут быть сближены, при этом расстояние между колесными осями должно быть не менее 0,50 м (рисунок 4.2б).

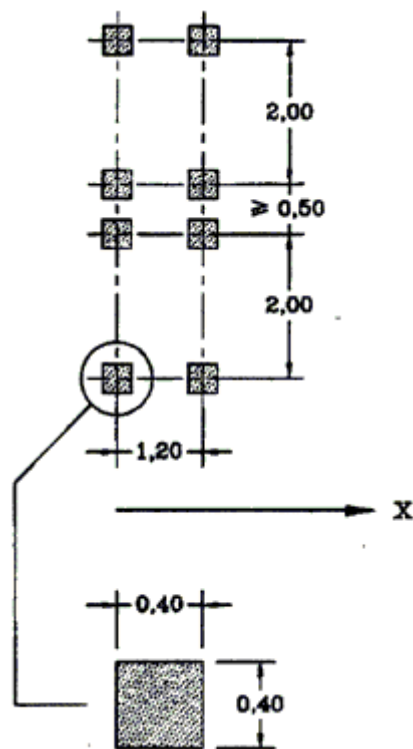


Рисунок 4.2b — Применение двухосных тележек для местных проверок

(6) Если общие и местные силовые и деформационные факторы могут быть рассчитаны отдельно, то общие воздействия могут быть вычислены при использовании следующих упрощенных альтернативных правил:

*Примечание* — Национальное приложение может определять условия использования этих альтернативных правил.

а) вторые и третьи двухосные тележки заменяются второй двухосной тележкой с нагрузкой на ось, равной, кН,

$$200\alpha_{Q2} + 100\alpha_{Q3};$$

(4.5)

б) для длины пролета, превышающей 10 м, каждая двухосная тележка заменяется на каждой полосе движения одноосной сосредоточенной нагрузкой, равной полной нагрузке этих двух осей.

*Примечание* — В этом случае одноосная нагрузка равна, кН:

- 600  $\alpha_{Q1}$  — на полосе движения номер 1;
- 400  $\alpha_{Q2}$  — на полосе движения номер 2;
- 200  $\alpha_{Q3}$  — на полосе движения номер 3.

### 4.3.3 Модель нагрузки 2

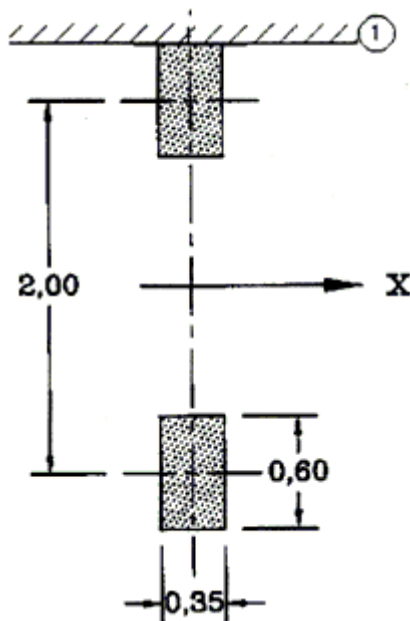
(1) Модель нагрузки 2 состоит из одноосной нагрузки  $\beta_Q Q_{ak}$  с  $Q_{ak}$ , равной 400 кН (включая динамическую добавку), которая может быть приложена в любом месте на проезжей части. Однако, если требуется, можно учитывать только одно колесо с 200  $\beta_Q$ , кН.

(2) Величина  $\beta_Q$  должна быть определена.

*Примечание* — Национальное приложение может определять значение  $\beta_Q$ . Рекомендуется, чтобы  $\beta_Q = \alpha_{Q1}$ .

(3) В зоне деформационных швов должен быть применен динамический коэффициент, который определен в 4.6.1(6).

(4) Контактная поверхность каждого колеса является прямоугольником со сторонами 0,35 и 0,60 м (рисунок 4.3).



X — направление продольной оси моста  
1 — край тротуара

**Рисунок 4.3 — Модель нагрузки 2**

*Примечание 1* — Площадь контакта в моделях нагрузки 1 и 2 различна и соответствует различным моделям шин, различному расположению и распределению давления. Площадь контакта модели нагрузки 2 соответствует сдвоенным шинам и обычно применяется при расчетах ортотропных плит.

*Примечание 2* — Для упрощения национальное приложение может одобрить одинаковую квадратную контактную поверхность для колес моделей нагрузки 1 и 2.

#### **4.3.4 Модель нагрузки 3 (специальные транспортные средства)**

(1) Модели специальных транспортных средств должны быть определены и учтены в соответствии с условиями эксплуатации.

*Примечание* — Национальное приложение может определять модель нагрузки 3 и условия ее применения. Приложение А дает руководство по стандартным моделям и по условиям их применения.

#### **4.3.5 Модель нагрузки 4 (нагрузка от толпы)**

(1) Модель нагрузки от толпы состоит из равномерно распределенной нагрузки (динамический коэффициент учтен), равной  $5 \text{ кН/м}^2$ .

*Примечание* — Применение модели LM4 может быть установлено в проектной документации.

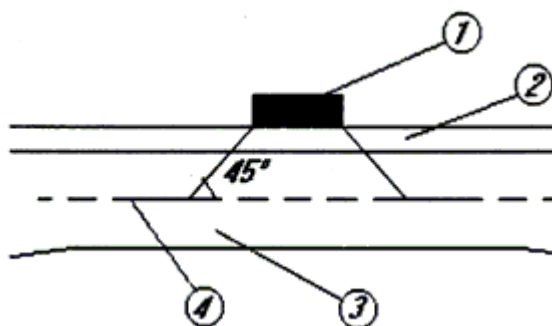
(2) Модель нагрузки 4 устанавливается на соответствующие участки длины и ширины пролетного строения автодорожного моста, причем, как правило, должна учитываться и разделительная полоса. Эта система нагрузки, предназначенная для общих проверок, должна соответствовать только кратковременной расчетной ситуации.

#### 4.3.6 Распределение сосредоточенных нагрузок

(1) Сосредоточенные нагрузки, которые следует учитывать при местных проверках, связанных с моделями нагрузки 1 и 2, должны считаться равномерно распределенными по всей площади контакта.

(2) Соотношение длины и высоты распределения нагрузки через дорожное покрытие и бетонные плиты должно приниматься равным 1 — в горизонтальном направлении, 1 — в вертикальном направлении вниз до уровня центра тяжести плиты (рисунок 4.4).

*Примечание* — В случае распределения нагрузки через засыпку или землю, см. примечания в 4.9.1.

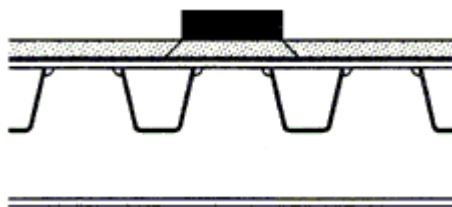


1 — контактное давление колеса; 2 — дорожное покрытие; 3 — бетонная плита;  
4 — средняя поверхность бетонной плиты

**Рисунок 4.4 — Распределение сосредоточенных нагрузок через дорожное покрытие и бетонную плиту**

(3) Распределение нагрузок через дорожное покрытие и ортотропные плиты должно приниматься при отношении длины к высоте, равном 1 — в горизонтальном направлении, 1 — в вертикальном направлении вниз до уровня средней плоскости верхней плиты конструкции (рисунок 4.5).

*Примечание* — Здесь не рассматривается поперечное распределение нагрузки между продольными ребрами ортотропной плиты.



**Рисунок 4.5 — Распределение сосредоточенных нагрузок через дорожное покрытие и ортотропные плиты**



## 4.4 Горизонтальные силы — нормативные значения

### 4.4.1 Силы торможения и ускорения

(1) Сила торможения  $Q_{1k}$  должна приниматься в расчетах как продольная сила, действующая в уровне дорожной одежды проезжей части.

(2) Нормативное значение  $Q_{1k}$ , ограниченное значением 900 кН для полной ширины моста, должно быть рассчитано как часть максимальных вертикальных нагрузок, соответствующих модели нагрузки 1 и приложенных к полосе движения номер 1, по формуле

$$Q_{1k} = 0,6\alpha_{Q1}(2Q_{1k}) + 0,10\alpha_{Q1}q_{1k}w_1L,$$
$$180\alpha_{Q1} \leq Q_{1k} \leq 900,$$

(4.6)

где  $L$  — длина плиты проезжей части или рассматриваемого участка, м.

*Примечание 1* — Например,  $Q_{1k} = 360 + 2,7L$  ( $\leq 900$  кН) — для полосы движения шириной 3 м и для длины нагружения  $L > 1,2$ , если коэффициент  $\alpha$  равен 1.

*Примечание 2* — Верхний предел 900 кН может быть изменен в национальном приложении. Значение 900 кН обычно предназначено для рассмотрения максимальной тормозной силы военных транспортных средств согласно STANAG<sup>(6)</sup>. <sup>(6)</sup> STANAG — военные соглашения о стандартизации (STANAG 2021)

(3) Как правило, следует определять горизонтальные силы, связанные с моделью нагрузки 3.

*Примечание* — Национальное приложение может устанавливать значения горизонтальных сил, связанных с моделью нагрузки 3.

(4) Эта сила должна рассматриваться как приложенная вдоль оси любой полосы движения. Однако, если влияние нецентральности не является существенным, то можно принять, что эта сила приложена только вдоль оси проезжей части и равномерно распределена по длине загрузки.

(5) Силы ускорения должны быть учтены с той же амплитудой, что и тормозные силы, но действующие в противоположном направлении.

*Примечание* — Фактически это означает, что  $Q_{1k}$  может быть как отрицательной, так и положительной величиной.

(6) Должна быть определена горизонтальная сила, передаваемая деформационными швам или приложенная к элементам конструкции, которые могут быть нагружены только одной осью.

*Примечание* — Национальное приложение может определять  $Q_{1k}$ , рекомендуемое значение определяется по формуле

$$Q_{1k} = 0,6\alpha_{Q1}Q_{1k}.$$

(4.6a)

#### 4.4.2 Центробежные и другие поперечные силы

(1) Центробежная сила  $Q_{tk}$  должна приниматься как поперечное воздействие, действующее на уровне проезжей части в радиальном направлении к оси проезжей части.

(2) Нормативное значение  $Q_{tk}$ , в которое включены динамические коэффициенты, принимают по таблице 4.3.

Таблица 4.3 — Нормативные значения центробежных сил

$Q_{tk} = 0,2Q_v$ , кН	если $r < 200$ м
$Q_{tk} = 40Q_v / r$ , кН	если $200 \leq r \leq 1500$ м
$Q_{tk} = 0$	если $r > 1500$ м
где $r$ — горизонтальный радиус осевой линии проезжей части, м; — максимальный вес вертикальных сосредоточенных нагрузок тандемных систем модели LM1, т. е. $\sum_i \alpha_{Qi}(2Q_{ik})$ (см. таблицу 4.2).	

(3) Следует полагать, что  $Q_{tk}$  действует как сосредоточенная нагрузка в любом поперечном сечении плиты проезда.

(4) При необходимости следует учитывать поперечные силы от косо́го торможения или буксования. Следует считать, что поперечная сила торможения  $Q_{trk}$ , равная 25 % от продольной силы торможения или ускорения  $Q_{jk}$ , действует одновременно с  $Q_{jk}$  на уровне верха проезжей части.

*Примечание* — Национальное приложение может определять минимальную поперечную нагрузку. В большинстве случаев, силы, возникающие вследствие воздействия ветра и столкновений с бордюрами, дают достаточную поперечную нагрузку.

#### 4.5 Сочетания нагрузок от транспортных средств на автодорожных мостах

##### 4.5.1 Нормативные значения многокомпонентного воздействия

(1) Одновременное воздействие нагрузок, определенных в 4.3.2 (модель нагрузки 1), 4.3.3 (модель нагрузки 2), 4.3.4 (модель нагрузки 3), 4.3.5 (модель нагрузки 4), 4.4 (горизонтальные силы), и нагрузок, определенных в разделе 5 для тротуаров, приведено в таблице 4.4а. Каждую из этих групп нагрузок, которые являются взаимоисключающими, следует рассматривать в сочетаниях с нагрузками нетранспортного характера.

Таблица 4.4а — Оценка групп нагрузок от транспортных средств (нормативные значения многокомпонентного воздействия)

		Проезжая часть					Тротуары и велосипедные дорожки	
Тип нагрузки		Вертикальные силы			Горизонтальные силы		Только вертикальные силы	
Ссылка		4.3.2	4.3.3	4.3.4	4.3.5	4.4.1	4.4.2	5.3.2(1)
Система нагрузки		Модель LM1 (TS и системы UDL)	Модель LM2 (единственная ось)	Модель LM3 (специальные транспортные средства)	Модель LM4 (нагрузка от большого количества транспортных средств)	Силы торможения и ускорения	Центробежные и поперечные силы	Равномерно распределенная нагрузка
Группа нагрузок	gr1 a	Нормативное значение				1)	1)	Значение в комбинации <sup>2)</sup>
	gr1 b		Нормативное значение					
	gr2	Часто встречающиеся значения <sup>2)</sup>				Нормативное значение	Нормативное значение	
	gr3 <sup>4)</sup>							Нормативное значение <sup>3)</sup>
	Gr 4				Нормативное значение			Нормативное значение <sup>2)</sup>
	Gr 5	См. приложение А		Нормативное значение				
Доминирующее комбинирующее воздействие (обозначается как компонент, связанный с группой)								
<sup>1)</sup> Может быть определено в национальном приложении. <sup>2)</sup> Может быть определено в национальном приложении. Рекомендуемое значение равно 3 кН/м <sup>2</sup> . <sup>3)</sup> См. 5.3.2.1(2). Следует учитывать, что только один тротуар может быть нагружен, если результат такого воздействия более неблагоприятен, чем результат нагружения двух тротуаров. <sup>4)</sup> Эта группа является неподходящей, если рассматривается gr4.								

#### 4.5.2 Другие характерные значения многокомпонентного воздействия

(1) Часто встречающееся воздействие нагрузок должно состоять только из часто встречающихся значений модели LM1 или из часто встречающихся значений модели LM2, или часто встречающихся значений нагрузок на тротуары или велосипедные дорожки (из этого надо выбрать наиболее неблагоприятный вариант), без любого сопровождающего компонента, как это определено в таблице 4.4b.

*Примечание 1* — Для каждого компонента подвижной нагрузки определяющие значения указаны в EN 1990, приложение A.2.

*Примечание 2* — Относительно квазипостоянных значений (обычно равных 0) (см. EN 1990, приложение A.2).

*Примечание 3* — Если национальное приложение обращается к нечасто встречающимся значениям временных нагрузок, то же правило, что и в 4.5.1, может быть применено путем замены всех нормативных значений в таблице 4.4 нечасто встречающимися значениями, определенными в EN 1990 (приложение A.2), без изменения других значений, приведенных в таблице. Однако нечасто встречающаяся группа gr2 практически не применима для автодорожных мостов.

**Таблица 4.4b — Оценка групп нагрузок от транспортных средств (часто встречающиеся значения многокомпонентного воздействия)**

		Проезжая часть		Тротуары и велосипедные дорожки
Тип нагрузки		Вертикальные силы		
Ссылка		4.3.2	4.3.3	5.3.2(1)
Система нагрузки		Модель LM1 (TS и системы UDL)	Модель LM2 (одна ось)	Равномерно распределенная нагрузка
Группа нагрузок	gr1a	Часто встречающиеся значения		
	gr1b		Часто встречающиеся значения	
	gr3			Часто встречающиеся значения <sup>1)</sup>
<sup>1)</sup> Следует принимать, что только один тротуар должен быть нагружен, если результат такого воздействия более неблагоприятен, чем результат нагружения двух тротуаров.				

#### 4.5.3 Группы нагрузок в случае кратковременных воздействий

(1) Правила, определенные в 4.5.1 и 4.5.2, применимы со следующими изменениями, приведенными в 4.5.3(2).

(2) Для проверок кратковременных расчетных ситуаций нормативные значения, связанные с двухосной тележкой, должны быть приняты равными  $0,8\alpha_{Ql}Q_{ik}$ , а все другие нормативные, часто встречающиеся и квазипостоянные значения, а также горизонтальные силы не изменяются (т. е. их не уменьшают пропорционально весу двухосных тележек).

*Примечание* — В кратковременных расчетных ситуациях, обусловленных обслуживанием дороги или моста, транспортный поток обычно концентрируется на областях сужения без значительного уменьшения, поэтому длинные пробки являются частым явлением. Однако более значительное уменьшение потока может учитываться в тех случаях, когда движение самых тяжелых грузовиков направляется по другим маршрутам при помощи соответствующих мероприятий.

## 4.6 Модели нагрузки при расчете на выносливость

### 4.6.1 Общие положения

(1) Транспортный поток, движущийся по мостам, создаёт спектр напряжений, способный вызывать усталость материалов. Этот спектр напряжений зависит от геометрии транспортных средств, осевых нагрузок, интервала между транспортными средствами, состава транспортного потока и его динамических воздействий.

(2) В последующем изложении (4.6.2 – 4.6.6) определены пять моделей нагрузки от вертикальных сил для расчета на выносливость.

*Примечание 1* — Как правило, в зависимости от конструкции, горизонтальные силы следует учитывать одновременно с вертикальными силами или, например, иногда может возникнуть необходимость рассматривать центробежные силы совместно с вертикальными нагрузками.

*Примечание 2* — Использование различных моделей нагрузки для расчета на выносливость определено в EN 1992 – EN 1999, причем дополнительная информация приведена ниже:

a) модели нагрузки для расчета на выносливость 1, 2 и 3 предназначены для определения максимальных и минимальных напряжений, обусловленных возможным расположением нагрузки на мосту в рамках любой из этих моделей; во многих случаях в EN 1992 – EN 1999 используется алгебраическая разность этих напряжений;

b) модели усталостной нагрузки 4 и 5 предназначены для определения спектра диапазона напряжений, возникающих вследствие прохождения грузовиков по мосту;

c) модели усталостной нагрузки 1 и 2 предназначены для проверки возможности рассматривать выносливость как неограниченную при постоянной амплитуде напряжений. Поэтому они используются для стальных конструкций и могут не соответствовать другим материалам. Модель нагрузки для расчета выносливости 1 является традиционной и автоматически описывает воздействия для многорядного движения. Модель нагрузки 2 более точна, чем 1, в том случае, когда для проверок выносливости можно пренебречь одновременным присутствием нескольких грузовиков на мосту. В противном случае эта модель должна быть использована только тогда, когда она снабжена дополнительными данными. Национальное приложение может определять условия использования моделей нагрузки 1 и 2 для расчета на выносливость;

d) модели нагрузки 3, 4 и 5 предназначены для оценки усталостной долговечности, исходя из кривых усталостной прочности, определенных в EN 1992 – EN 1999. Они не должны использоваться для проверки возможности рассмотрения выносливости как неограниченную. Поэтому они не являются количественно сопоставимыми с моделями нагрузки по выносливости 1 и 2. Модель нагрузки 3 может также использоваться для непосредственной проверки расчетов, проведенных упрощенными методами, в которых влияние объема годового грузооборота и некоторых мостовых габаритов учитывается с помощью зависимого от материала поправочного коэффициента  $\lambda_e$ ;

e) модель нагрузки 4 более точна, чем нагрузка 3 для ряда мостов и транспортных потоков, когда можно пренебречь одновременным присутствием нескольких грузовиков на мосту. Если это не так, то эту модель следует использовать только в том случае, если она подтверждена дополнительными данными, указанными или определенными в национальном приложении;

f) модель нагрузки 5 является наиболее общей моделью, использующей реальные транспортные данные.

*Примечание 3* — Значения нагрузки, приведенные для моделей нагрузки для расчета выносливости 1–3, подходят для интенсивного движения, типичного для европейских магистралей или автострад (категория транспортного потока номер 1, определенная в таблице 4.5).

*Примечание 4* — Значения моделей нагрузки 1 и 2 могут изменяться для каждого объекта или с помощью национального приложения при рассмотрении других категорий транспортного потока. В этом случае изменения, внесенные в модели, должны быть пропорциональными. Для модели нагрузки 3 такое изменение зависит от процедуры проверки.

(3) Для проверок выносливости категория транспортного потока на мосту должна быть определена посредством:

- количества медленных полос движения;
- количества  $N_{obs}$  автомобилей большой грузоподъемности (максимальная полная нагрузка от транспортного средства, превышающая 100 кН), наблюдаемого или оцененного в расчете на 1 год и на одну медленную полосу движения (т. е. полосу движения, используемую в основном грузовиками).

*Примечание 1* — Категории и значения транспортного потока могут быть определены в национальном приложении. Значения для  $N_{obs}$  приведены в таблице 4.5 для медленной полосы движения при использовании моделей нагрузки 3 и 4. На каждой быстрой полосе движения (т. е. полосе движения, используемой в основном легковыми автомобилями) может быть дополнительно учтено 10 %  $N_{obs}$ .

**Таблица 4.5(п) — Количество автомобилей большой грузоподъемности, ожидаемое в расчете на 1 год и на одну медленную полосу движения**

Транспортная категория		$N_{obs}$ в расчете на 1 год и на одну медленную полосу движения
1	Дороги и автострады с двумя или большим количеством полос движения для каждого направления с высокой интенсивностью потока грузовиков	$2,0 \cdot 10^6$
2	Дороги и автострады со средней интенсивностью потока грузовиков	$0,5 \cdot 10^6$
3	Главные дороги с низкой интенсивностью потока грузовиков	$0,125 \cdot 10^6$
4	Проселочные дороги с низкой интенсивностью потока грузовиков	$0,05 \cdot 10^6$

*Примечание 2* — Данных таблицы 4.5 недостаточно, чтобы характеризовать транспортный поток для проверок выносливости. Как правило, следует рассматривать и другие параметры, например:

- процентное содержание различных типов транспортных средств (см. таблицу 4.7), зависящее от типа транспортного потока;
- параметры, определяющие распределение нагрузки транспортных средств или осей каждого типа.

*Примечание 3* — Не существует общего соотношения между категориями транспортного потока при проверках выносливости и классами нагрузки, и соответствующими коэффициентами  $\alpha$ , приведенными в 4.2.2 и 4.3.2.

*Примечание 4* — Промежуточные значения  $N_{obs}$  не исключаются, но маловероятно, что они будут иметь существенное влияние на выносливость.

(4) Для оценки результатов нагружения конструкции (например, на главные балки) все модели нагрузки должны быть размещены по центру на полосах загрузки моста подвижной нагрузкой, определенных в соответствии с принципами и правилами, приведенными в 4.2.4(2) и (3). Медленные полосы движения должны быть обозначены при расчете.

(5) Для оценки результатов местного воздействия (например, на плиты) модели должны быть расположены по центру на полосах загрузки моста подвижной нагрузкой, которые, как предполагают, могут быть расположены в любом месте на проезжей части. Однако если поперечное расположение транспортных средств для моделей нагрузки 3, 4 и 5 является существенным для рассматриваемых воздействий (например, для ортотропных плит), то следует учитывать статистическое распределение поперечного положения транспортных средств в соответствии с рисунком 4.6.

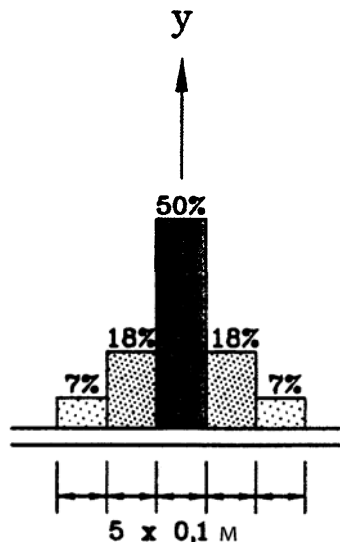


Рисунок 4.6 — Распределение поперечного положения оси транспортного средства

(6) Модели нагрузки 1–4 включают динамическую составляющую, соответствующую дорожным покрытиям хорошего качества (см. приложение В). Дополнительный повышающий динамический коэффициент  $\Delta\varphi_{fat}$  должен учитываться в зоне деформационных швов и определяться для всех нагрузок по формуле

$$\Delta\varphi_{fat} = 1,30 \cdot \left(1 - \frac{D}{26}\right); \Delta\varphi_{fat} \geq 1, \quad (4.7)$$

где  $D$  — расстояние, м, от рассматриваемого поперечного сечения до деформационного шва (рисунок 4.7);

$\Delta\varphi_{fat}$  — дополнительный динамический коэффициент;

$D$  — расстояние от рассматриваемого поперечного сечения до деформационного шва.

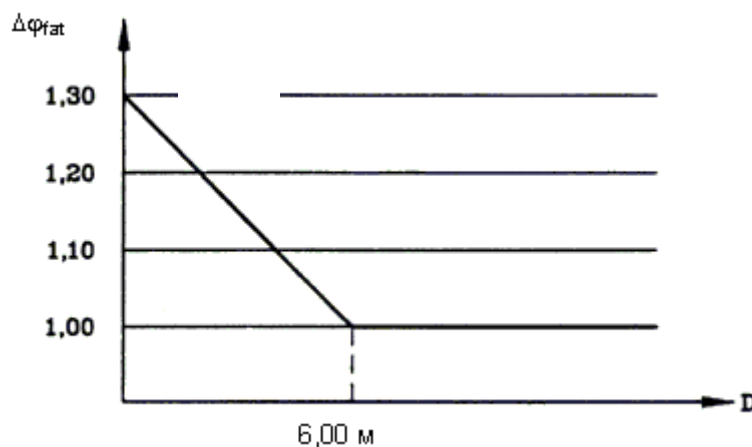


Рисунок 4.7 — Зависимость дополнительного динамического коэффициента от расстояния до деформационного шва

*Примечание* — Как правило, допускается применять  $\Delta\varphi_{fat} = 1,3$  для любого поперечного сечения в пределах длины участка 6 м от деформационного шва. Значение дополнительного динамического коэффициента может быть изменено в национальном приложении. Рекомендуется использовать формулу (4.7).

#### 4.6.2 Модель нагрузки 1 для расчета на выносливость (подобная модели LM1)

(1) Модель нагрузки 1 имеет конфигурацию нормативной модели нагрузки 1, определенную в 4.3.2, с осевыми нагрузками, равными  $0,7Q_{ik}$ , и равномерно распределенными нагрузками, равными  $0,3q_{rk}$  и (если не определено иное)  $0,3q_{rk}$ .

*Примечание* — Значения нагрузки для модели нагрузки 1 аналогичны значениям, определенным для часто встречающейся модели нагрузки. Однако принятие часто встречающейся модели нагрузки без корректировки было бы чрезмерным упрощением в сравнении с другими моделями, особенно для больших нагруженных областей. В определенных случаях величиной  $q_{rk}$  можно пренебречь.

(2) Максимальные и минимальные напряжения  $\sigma_{FLM,max}$  и  $\sigma_{FLM,min}$  должны быть определены исходя из возможного расположения модели на мосту.

#### 4.6.3 Модель нагрузки 2 для расчета на выносливость (набор «часто встречающихся» грузовиков)

(1) Модель нагрузки 2 для расчета на выносливость состоит из ряда идеализированных грузовиков, называемых «часто встречающимися» грузовиками, которые подлежат учету, как определено в (3).




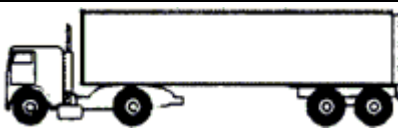

(2) Каждый «часто встречающийся грузовик» определяется с помощью:  
— количества осей и межосевого расстояния (таблица 4.6, колонки 1 и 2);  
— часто встречающейся нагрузки на каждую ось (таблица 4.6, колонка 3);  
— контактных площадей колес и поперечного расстояния между колесами (колонка 4, таблица 4.6 и таблица 4.8).

(3) Максимальные и минимальные напряжения должны быть определены на основании самых неблагоприятных воздействий от отдельно рассматриваемых различных грузовиков, перемещающихся одиночным порядком вдоль соответствующей полосы движения.

*Примечание* — Когда очевидно, что некоторые из этих грузовиков являются самыми важными, другие грузовики могут в расчет не приниматься.

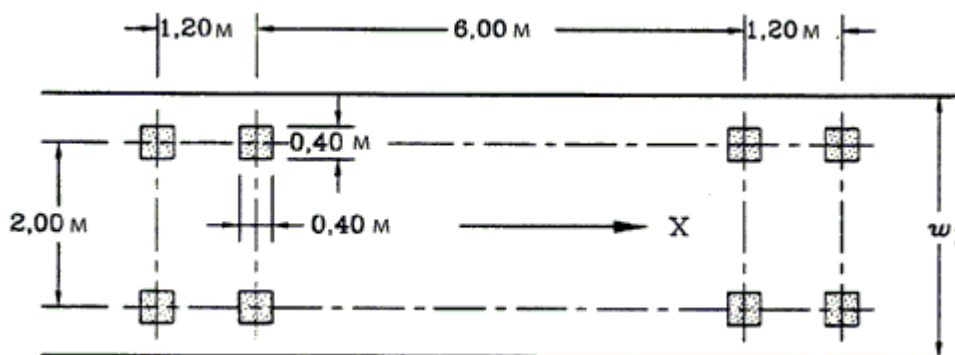


Таблица 4.6 — Набор «часто встречающихся» грузовиков

Силуэт грузовика	Межосевое расстояние, м	Часто встречающиеся осевые нагрузки, кН	Тип колеса (см. таблицу 4.8)
	4,5	90 190	A B
	4,20 1,30	80 140 140	A B B
	3,20 5,20 1,30 1,30	90 180 120 120 120	A B C C C
	3,40 6,00 1,80	90 190 140 140	A B B B
	4,80 3,60 4,40 1,30	90 180 120 110 110	A B C C C

**4.6.4 Модель нагрузки 3 для расчета на выносливость (модель одиночного транспортного средства)**

(1) Эта модель состоит из четырех осей, каждая из которых имеет два одинаковых колеса. Схема показана на рисунке 4.8. Нагрузка на каждую ось равна 120 кН, а контактная поверхность каждого колеса представляет собой квадрат со стороной 0,40 м.



$w_1$  — ширина полосы движения;  $X$  — продольная ось моста

Рисунок 4.8 — Модель нагрузки 3 для расчета выносливости

(2) Следует определять максимальные и минимальные напряжения и диапазон напряжений для каждого цикла изменения напряжений, т. е. их алгебраическую разность, возникающую вследствие проезда модели вдоль моста.

(3) Как правило, следует учитывать два транспортных средства на одной и той же полосе движения.

*Примечание* — Условия применения этого правила могут быть определены в национальном приложении или для каждого проекта отдельно. Рекомендации приведены ниже:

— одно транспортное средство такое, как определено в (1) выше;


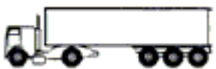



— геометрия второго транспортного средства такая, как определено в (1) выше, причем нагрузка для каждой оси равна 36 кН (вместо 120 кН);

— расстояние между двумя транспортными средствами, измеренное между центрами транспортных средств, составляет не менее 40 м.

#### **4.6.5 Модель нагрузки 4 для расчета на выносливость (набор стандартных грузовиков)**

(1) Модель нагрузки 4 состоит из наборов стандартных грузовиков, которые совместно оказывают воздействие, эквивалентное воздействиям от транспортного потока, типичного для европейских дорог. Следует учитывать набор грузовиков, соответствующий комбинациям транспортных потоков, прогнозируемых для маршрута, как это определено в таблицах 4.7 и 4.8.

Таблица 4.7 — Набор эквивалентных грузовиков

Тип транспортного средства			Тип транспортного потока			Тип колеса
Грузовик	Межосевое расстояние, м	Эквивалентные осевые нагрузки, кН	На дальнее расстояние	На среднее расстояние	Местное сообщение	
			Процентная доля типа грузовика	Процентная доля типа грузовика	Процентная доля типа грузовика	
1	2	3	4	5	6	7
	4,5	70 130	20,0	40,0	80,0	A B
	4,20 1,30	70 120 120	5,0	10,0	5,0	A B B
	3,20 5,20 1,30 1,30	70 150 90 90 90	50,0	30,0	5,0	A B C C C
	3,40 6,00 1,80	70 140 90 90	15,0	15,0	5,0	A B B B
	4,80 3,60 4,40 1,30	70 130 90 80 80	10,0	5,0	5,0	A B C C C

*Примечание 1* — Эта модель, основанная на пяти стандартных грузовиках, моделирует транспортный поток, который, как полагают, приводит к усталостному разрушению, эквивалентному тому разрушению, которое возникает при фактическом транспортном потоке соответствующей категории, определенной в таблице 4.5.

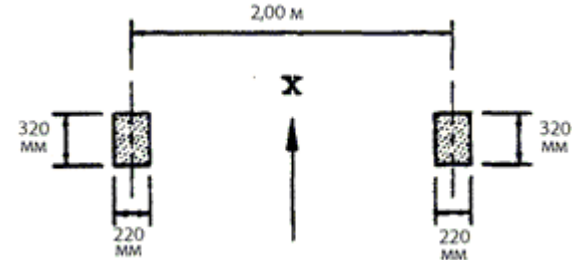
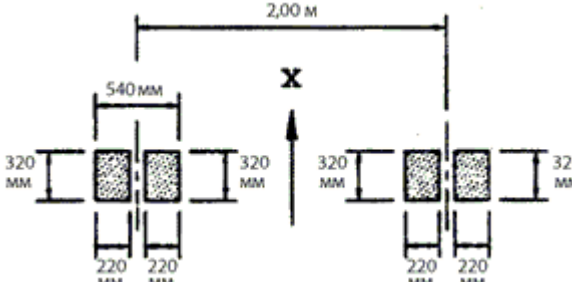
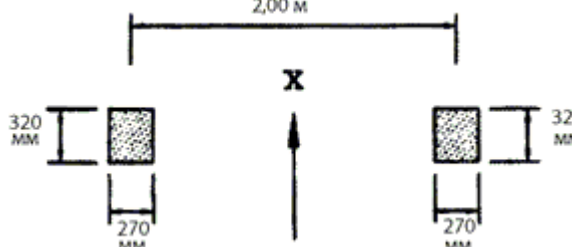
*Примечание 2* — Другие стандартные грузовики и процентные доли типов грузовиков могут быть определены в проектной документации или в национальном приложении.

*Примечание 3* — Для выбора типа транспортного потока можно принять, что:

- «на дальнее расстояние» означает более 100 км;
- «на среднее расстояние» означает от 50 до 100 км включ.;
- «местное сообщение» означает расстояние менее 50 км.

В реальности происходит смешение типов транспортных потоков.

Таблица 4.8 — Параметры колес и осей

Тип колеса/оси	Геометрические параметры
A	
B	
C	

(2) Каждый стандартный грузовик характеризуется:

- количеством осей и межосевым расстоянием (таблица 4.7, колонки 1 и 2);
- эквивалентной нагрузкой каждой оси (таблица 4.7, колонка 3);
- контактной площадью колес и поперечным расстоянием между колесами в соответствии с колонкой 7 таблицы 4.7 и таблицей 4.8.

(3) Расчеты должны быть основаны на следующей процедуре:

- должна быть выбрана из таблицы 4.7 (колонки 4, 5 или 6, в зависимости от условий) процентная доля каждого типа стандартного грузовика в транспортном потоке;
- должно быть определено общее количество транспортных средств за 1 год, которое следует учитывать для всей проезжей части  $\sum N_{obs}$ .

*Примечание* — Рекомендуемые значения приведены в таблице 4.5; предполагается, что каждый стандартный грузовик пересекает мост в отсутствие любого другого транспортного средства.

(4) Спектр диапазона напряжений и соответствующее количество циклов от каждого изменения напряжения во время прохождения отдельных грузовиков должны быть рассчитаны с помощью метода расчета «Rainflow» или «Reservoir».

*Примечание* — Правила проверки см. EN 1992 – EN 1999.

#### **4.6.6 Модель нагрузки 5 для расчета на выносливость (основанная на зарегистрированных данных о транспортном потоке)**

(1) Модель нагрузки 5 заключается в непосредственном использовании зарегистрированных данных о транспортном потоке, дополненных, если в этом есть необходимость, соответствующими статистическими и расчетными экстраполяциями.

*Примечание* — Использование этой модели рассмотрено в национальном приложении. Руководство по полной спецификации и использованию данной модели приведено в приложении В.

### **4.7 Воздействия от аварийных расчетных ситуаций**

#### **4.7.1 Общие положения**

(1)Р Как правило, следует учитывать нагрузки, возникающие от дорожных транспортных средств в аварийных ситуациях, когда эти нагрузки являются следствием:

— столкновения транспортного средства с промежуточными опорами моста, нижней поверхностью моста или пролетными строениями;

— присутствия перегруженных осей или транспортного средства на тротуарах (воздействие перегруженных осей или транспортного средства на тротуары следует рассматривать для всех автодорожных мостов, где тротуары не защищены жесткими ограждающими устройствами);

— столкновения транспортного средства с бордюрами, парапетными ограждениями тротуара и элементами конструкций (эффекты столкновения транспортного средства с парапетными ограждениями тротуара и ограждающими устройствами следует рассматривать для всех автодорожных мостов, где такие ограждающие устройства имеются на мостовом полотне; столкновения транспортного средства с бордюрами следует рассматривать во всех случаях).

#### **4.7.2 Силы удара от транспортных средств под мостом**

*Примечание* — См. 5.6.2 и 6.7.2 и EN 1990, приложение А.2.

##### **4.7.2.1 Силы столкновения, воздействующие на промежуточные опоры и другие несущие элементы**

(1) Следует учитывать силы, возникающие при столкновении транспортных средств из-за негабаритности транспортного средства или отклонения от направления движения.

*Примечание* — В национальном приложении могут быть определены:

— правила защиты моста от сил столкновения с транспортными средствами;

— ситуации, когда следует принимать во внимание силы столкновения с транспортными средствами (например, в отношении безопасного расстояния между промежуточными опорами и краем проезжей части);

— величина и направление сил столкновения с транспортными средствами;

— предельные состояния, подлежащие рассмотрению.

Для жестких промежуточных опор рекомендуются следующие минимальные значения:

а) сила столкновения 1000 кН — в направлении передвижения транспортного средства или 500 кН — перпендикулярно к этому направлению;

б) высота над уровнем поверхности земли 1,25 м по EN 1991-1-7.

##### **4.7.2.2 Силы столкновения, воздействующие на пролетные строения**

(1) Как правило, следует определять силу столкновения с транспортным средством.

*Примечание 1* — Национальное приложение может определять силу столкновения, воздействующую на пролетные строения из-за недостаточного вертикального габарита и другие формы защиты (EN 1991-1-7).

*Примечание 2* — Ударные нагрузки на пролетные строения моста и другие элементы конструкции над дорогой могут изменяться в широких пределах в зависимости от структурных и неструктурных параметров, а так же условий их применимости. Как правило, следует предусматривать возможность столкновения с транспортными средствами, имеющими аномальную или превышающую нормы высоту, а также с подъемным краном, стрела которого раскачивается вверх при движении крана. Расчет сил столкновения может не выполняться, если предусмотрены специальные меры защиты от столкновения.

#### 4.7.3 Воздействия от транспортных средств на мосту

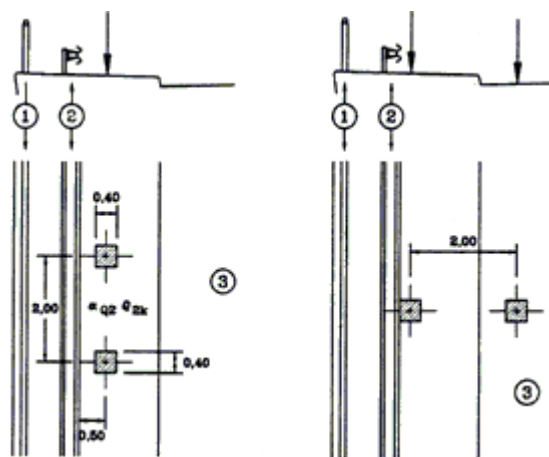
##### 4.7.3.1 Транспортное средство на тротуарах и велосипедных дорожках автодорожных мостов

(1) При устройстве ограждающих устройств с требуемой удерживающей способностью колесную нагрузку или нагрузку от транспортного средства на тротуарах не учитывают.

*Примечание* — Удерживающая способность ограждающих устройств определена в EN 1317-2.

(2) При наличии ограждающих устройств по (1) одна аварийная осевая нагрузка, соответствующая  $\alpha_{Q2} Q_{2k}$  (см. 4.3.2), должна быть так расположена и ориентирована на незащищенных частях мостового полотна, чтобы создавать максимально неблагоприятное воздействие вблизи защитного ограждения, как это показано, например, на рисунке 4.9. Эту осевую нагрузку не следует учитывать одновременно ни с какой другой временной нагрузкой на пролетном строении. Если геометрические параметры делают двухколесную компоновку невозможной, то в расчете должно учитываться одно колесо.

За пределами ограждающих устройств следует применять нормативную временную сосредоточенную нагрузку, определенную в 5.3.2.2, если это обосновано, отдельно от аварийной нагрузки.



(1) — пешеходный парапет (или парапетное ограждение тротуара, если нет защитного ограждения);  
 (2) — защитное ограждение; (3) — проезжая часть

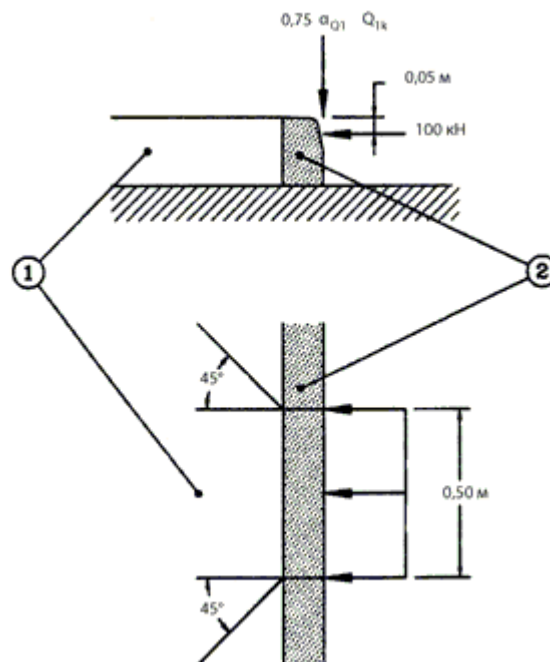
**Рисунок 4.9 — Примеры расположения нагрузок от транспортных средств на тротуарах и велосипедных дорожках автодорожных мостов**

(3) При отсутствии защиты, приведенной в (1), правила, приведенные в (2), применимы до края пролетного строения, если имеется парапетное ограждение тротуара.

#### 4.7.3.2 Силы столкновения, воздействующие на бордюры

(1) Воздействие, возникающее вследствие столкновения транспортного средства с бордюрами, следует принимать в виде поперечной силы, равной 100 кН и приложенной на высоте 0,05 м ниже вершины края бордюра.

Эту силу следует рассматривать как действующую по линии длиной 0,5 м и передаваемую бордюрами на закрепляющие элементы конструкции. Угол распределения силы на жесткие элементы конструкции следует принимать равным 45°. При неблагоприятной ситуации следует вводить вертикальную нагрузку от транспортных средств, действующую одновременно с силой столкновения и равную  $0,75\alpha_{Q1}Q_{1k}$  (см. рисунок 4.10).



(1) — тротуар; (2) — бордюр

Рисунок 4.10 — Определение сил при столкновении транспортного средства с бордюром

#### 4.7.3.3 Силы столкновения, воздействующие на ограждающие устройства

(1) При расчете конструкции следует учитывать горизонтальные и вертикальные силы, передаваемые пролетному строению моста ограждающими устройствами, ограничивающими движение транспортных средств.

*Примечание 1* — Национальное приложение может определять и выбирать классы сил столкновения и сопутствующие условия их применения. Ниже приводятся четыре рекомендуемых класса для передаваемой горизонтальной силы. Горизонтальная сила, действующая в поперечном направлении, может быть приложена на 100 мм ниже вершины выбранной системы ограничения движения транспортного средства или на 1,0 м выше уровня проезжей части или тротуара (в зависимости от того, что из них ниже) и на участке длиной 0,5 м.

Таблица 4.9(н) — Рекомендуемые классы для горизонтальной силы, действующей на ограждающие устройства

Рекомендуемый класс	Горизонтальная сила, кН
A	100
B	200
C	400
D	600

*Примечание 2* — Значения горизонтальных сил, приведенные для классов А–D, выбираются на основе измерений во время испытаний от столкновения для реальных ограждающих устройств, используемых для мостов. Нет прямой зависимости между представленными значениями и классами характеристик ограждающих устройств. Предложенные значения зависят скорее от жесткости соединения между системой ограждающих устройств и краем тротуара или частью моста, с которым она связана. Очень жесткое соединение приводит к горизонтальной силе, заданной для класса D. Самое нижнее значение горизонтальной силы получается при испытании ограждающих устройств со слабым соединением с пролетами. Такие ограждения часто используются для стальных ограждающих устройств согласно классу H2 в соответствии с EN 1317-2. Очень слабое соединение может привести к горизонтальной силе, заданной для класса А.

*Примечание 3* — Вертикальная сила, действующая одновременно с горизонтальной силой столкновения, может быть определена в национальном приложении. Рекомендуемые значения могут быть приняты равными  $0,75\alpha_{Q1}Q_{1k}$ . Расчеты, учитывающие горизонтальные и вертикальные силы, могут быть заменены, когда это возможно, конструктивными мерами (например, расчетом усиления).

(2) Конструкция, поддерживающая парапетное ограждение тротуара, должна быть рассчитана так, чтобы локально выдерживать влияние аварийной нагрузки, соответствующей нормативному местному сопротивлению парапетного ограждения тротуара, умноженному на 1,25 (например, сопротивление крепления парапета к конструкции), причем при этом не должно быть сочетания ни с какой другой временной нагрузкой.

*Примечание* — Это влияние расчетной нагрузки может быть определено в национальном приложении. Значение 1,25 является рекомендуемым минимальным значением.

#### **4.7.3.4 Силы столкновения, воздействующие на элементы конструкции**

(1) Следует учитывать силы столкновения с транспортным средством, воздействующие на незащищенные элементы конструкции выше или в уровне проезжей части.

*Примечание* — Эти силы могут быть определены в национальном приложении. Рекомендуется, чтобы они были такими, как определено в 4.7.2.1 (1), действуя на 1,25 м выше уровня проезжей части. Однако, когда имеются дополнительные меры защиты между проезжей частью и этими элементами, в проектной документации эта сила может быть уменьшена.

(2) Не следует учитывать эти силы одновременно с какой-нибудь иной временной нагрузкой.

*Примечание* — Для некоторых элементов, где повреждение одного элемента не вызвало бы разрушения (например, подвески или распорки), в проектной документации, могут быть определены меньшие силы.

#### **4.8 Воздействия на пешеходные тротуары**

(1) При расчете конструкции силы, которые передаются на пролетное строение моста через пешеходные парапеты, должны быть учтены как временные нагрузки и определены в зависимости от выбранного класса нагрузки парапета.

*Примечание 1* — Классы нагрузки для пешеходных парапетов приведены в EN 1317-6. Для мостов класс С является рекомендуемым минимальным классом.

*Примечание 2* — Силы, передаваемые на проезжую часть моста от пешеходных парапетов, могут быть определены вместе с их классификацией для каждого объекта строительства или в национальном приложении в соответствии с EN 1317-6. Прилагаемая по линии сила, равная 1,0 кН/м и воздействующая горизонтально или вертикально как переменная нагрузка на вершину парапета, является рекомендуемым минимальным значением для тротуаров или пешеходных мостов. Для боковых дорожек, предназначенных для обслуживания, рекомендуемое минимальное



значение 0,8 кН/м. Исключительные и аварийные ситуации не перекрываются этими рекомендуемыми минимальными значениями.

(2) При расчете несущей конструкции, если пешеходные парапеты надежно защищены от столкновения с транспортным средством, горизонтальные воздействия следует рассматривать как действующие одновременно с равномерно распределенными вертикальными нагрузками, определенными в 5.3.2.1.

*Примечание* — Пешеходные парапеты можно рассматривать как адекватно защищенные только в том случае, когда эта защита удовлетворяет требованиям каждого конкретного объекта строительства.

(3) Если пешеходные парапеты нельзя рассматривать как адекватно защищенные от столкновений с транспортным средством, несущая конструкция должна быть разработана так, чтобы выдерживать воздействие аварийной нагрузки, соответствующей нормативному сопротивлению парапета, умноженному на 1,25, без учета любой переменной нагрузки.

*Примечание* — Влияние расчетной нагрузки может быть определено в национальном приложении. Рекомендуется значение, равное 1,25.

## **4.9 Модели нагрузки для устоев и стен, примыкающих к мостам**

### **4.9.1 Вертикальные нагрузки**

(1) Проезжая часть, расположенная позади устоев, крыльев устоев, подпорных стен откосов насыпи, боковых стен и других частей моста, находящихся в контакте с грунтом, должна быть загружена с помощью соответствующих моделей.

*Примечание 1* — Эти соответствующие модели нагрузки могут быть определены в национальном приложении. Рекомендуется использование модели нагрузки 1, определенной в 4.3.2, но для простоты система двухосных тележек может быть заменена эквивалентной равномерно распределенной нагрузкой, обозначенной  $q_{eq}$ , распределенной по соответствующей прямоугольной поверхности в зависимости от распределения нагрузок через засыпку или грунт.

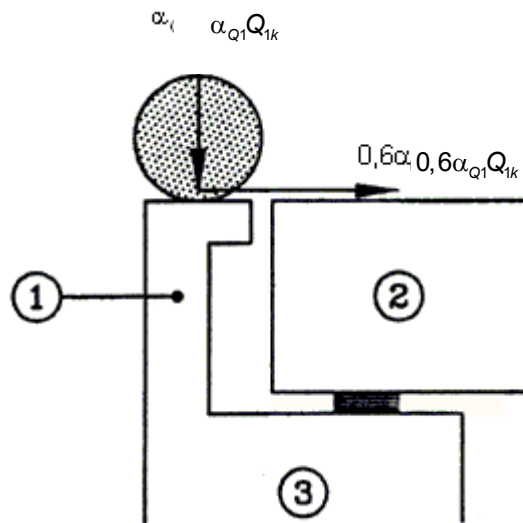
*Примечание 2* — Распределение нагрузок через засыпку или грунт — в соответствии с EN 1997. При отсутствии любого другого правила, если засыпка должным образом уплотнена, рекомендуемое значение угла распределения по отношению к вертикали равно  $30^\circ$ . При таком значении поверхность, на которую действует нагрузка  $q_{eq}$ , может быть принята в виде прямоугольника шириной 3 м и длиной 2,20 м.

(2) Не следует рассматривать значения для модели нагрузки, отличные от нормативных значений.

### **4.9.2 Горизонтальная сила**

(1) В уровне поверхности проезжей части над засыпкой горизонтальные силы не учитывают.

(2) При расчете вертикально стоящих стен устоя (см. рисунок 4.11), продольная сила торможения должна приниматься, равной  $0,6\alpha_{Q1}Q_{1k}$ , причем она действует одновременно с осевой нагрузкой  $\alpha_{Q1}Q_{1k}$  из модели нагрузки 1 и с давлением грунта засыпки. Засыпка не должна браться в расчет одновременно загруженной.



(1) — шкафная стенка; (2) — пролетное строение; (3) — устой

Рисунок 4.11 — Определение нагрузок, воздействующих на вертикально стоящие стенки

## 5 Воздействия на тротуары, велосипедные дорожки и пешеходные мосты

### 5.1 Область применения

(1) Определенные в настоящем разделе модели нагрузки применимы к тротуарам, велосипедным дорожкам и пешеходным мостам.

(2) Равномерно распределенную нагрузку  $q_{fk}$ , определенную в 5.3.2.1, и сосредоточенную нагрузку  $Q_{f_{wk}}$ , определенную в 5.3.2.2, следует применять при расчетах автодорожных, железнодорожных и пешеходных мостов, если это обосновано (см. 4.5, 4.7.3 и 6.3.6.2(1)). Все другие, определенные в этом разделе переменные воздействия и воздействия в случае аварийных расчетных ситуаций, предназначены только для пешеходных мостов.

*Примечание 1* — Нагрузки на лестницы смотровых приспособлений — см. 6.3 EN 1991-1-1.

*Примечание 2* — Для больших пешеходных мостов (например, шириной, превышающей 6 м) определенные в этом разделе модели нагрузки, как правило, не являются определяющими и, вероятно, в проектной документации требуется определить дополнительные модели нагрузки вместе с соответствующими правилами сочетания. На широких пешеходных мостах могут иметь место различные виды деятельности людей.

(3) Приведенные в настоящем разделе модели и значения следует использовать для расчетов эксплуатационной пригодности и предельного состояния по потере несущей способности, исключая предельное состояние по выносливости.

(4) Расчеты, связанные с вибрациями пешеходных мостов и основанные на расчетах на динамическую нагрузку, приведены в 5.7. Для всех других расчетов воздействия нагрузок, которые подлежат учету для любого типа моста, и приведенные в данном разделе модели и значения включают динамическую составляющую, причем временные воздействия должны считаться статическими.

(5) Приведенные в данном разделе модели нагрузки не предназначены для учета строительных нагрузок при монтаже — эти вопросы, при необходимости, должны быть определены отдельно.

### 5.2 Описание воздействий

#### 5.2.1 Модели нагрузок

(1) Определенные в настоящем разделе нагрузки возникают вследствие передвижения пешеходов и велосипедистов, небольших общих конструкционных нагрузок и нагрузок обслуживания (например, от обслуживающих транспортных средств) и вследствие аварийных ситуаций. Эти нагрузки приводят к возникновению вертикальных и горизонтальных, статических и динамических сил.

*Примечание 1* — Нагрузки, вызванные движением велосипедистов, как правило, намного ниже нагрузок, обусловленных движением пешеходов, причем приведенные в данном разделе значения основаны на частом или случайном присутствии пешеходов на велосипедных полосах. В проектной документации, при необходимости, следует учитывать нагрузки, возникающие вследствие перемещения лошадей или скота.

*Примечание 2* — Определенные в настоящем разделе модели нагрузки не описывают реальные нагрузки. Они были выбраны таким образом, чтобы их результаты (с динамической составляющей, учтенной там, где это принято) отражали воздействие реального потока пешеходов.

(2) Воздействия для аварийных расчетных ситуаций, обусловленных столкновениями, должны быть представлены статическими эквивалентными нагрузками.

## 5.2.2 Классы нагрузки

(1) Нагрузки на пешеходных мостах могут отличаться в зависимости от их местоположения и от возможного потока некоторых транспортных средств. Эти факторы взаимонезависимы и рассмотрены в различных классах, приведенных ниже. Следовательно, нет необходимости определять общую классификацию данных мостов.

## 5.2.3 Применение моделей нагрузки

(1) Одни и те же модели, исключая транспортное средство обслуживания (см. 5.3.2.3), должны применяться для пешеходного и велосипедного движения на пешеходных мостах, по частям пролетных строений автодорожных мостов, ограниченных пешеходными парапетами и не включенных в проезжую часть, определенную в 1.4.2 (тротуары, определенные в данной части EN 1991), и по пешеходным дорожкам железнодорожных мостов.

(2) Другие соответствующие модели должны быть определены для служебных проходов в пределах мостов и для платформ на железнодорожных мостах.

*Примечание* — Такие модели могут быть определены в национальном приложении или в проектной документации. Рекомендуемыми моделями, предназначенными для использования отдельно с целью получения самых неблагоприятных результатов, являются равномерно распределенная нагрузка  $2 \text{ кН/м}^2$  и сосредоточенная нагрузка  $3 \text{ кН}$ , приложенная к площади  $(0,20 \times 0,20) \text{ м}^2$ .

(3) При каждом использовании модели вертикальных нагрузок она должна быть приложена в таком месте, в пределах соответствующих областей, чтобы получить самый неблагоприятный результат.

*Примечание* — В других терминах эти воздействия определяются как свободные воздействия.

## 5.3 Статические модели для вертикальных нагрузок — нормативные значения

### 5.3.1 Общие положения

(1) Нормативные нагрузки предназначены для определения статического влияния пешеходной нагрузки или нагрузки от велосипедной дорожки, связанного с проверками предельных состояний по несущей способности и некоторыми проверками эксплуатационной пригодности.

(2) Три взаимно исключаящие модели должны быть учтены при проектировании. Они состоят из:

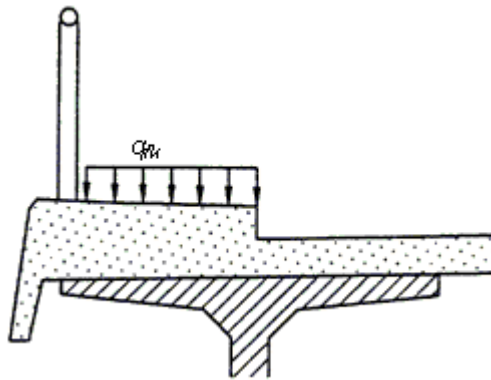
- равномерно распределенной нагрузки  $q_{fk}$ ;
- сосредоточенной нагрузки  $Q_{fkk}$ ;
- нагрузки, отражающей транспортные средства обслуживания  $Q_{serv}$ .

(3) Нормативные значения этих моделей нагрузки должны использоваться как для постоянных, так и для кратковременных расчетных ситуаций.

### 5.3.2 Модели нагрузки

#### 5.3.2.1 Равномерно распределенная нагрузка

(1) Для тротуаров или велосипедных дорожек на автодорожных мостах должна быть определена равномерно распределенная нагрузка  $q_{fk}$  (рисунок 5.1).



**Рисунок 5.1 — Нормативная нагрузка на тротуар (или велосипедную дорожку)**

*Примечание* — Нормативное значение  $q_{fk}$  может быть определено в национальном приложении или в проектной документации. Рекомендуемая величина  $q_{fk} = 5 \text{ кН/м}^2$ .

(2) При расчете пешеходных мостов равномерно распределенной нагрузкой следует загружать только неблагоприятные участки поверхности влияния в продольном и в поперечном направлении.

*Примечание* — Модель нагрузки 4 (нагрузка от толпы), определенная в 4.3.5 и соответствующая  $q_{fk} = 5 \text{ кН/м}^2$ , может быть задана таким образом, чтобы описывать статические воздействия от непрерывной плотной толпы там, где такой риск существует. Если применение модели нагрузки 4, определенной в 4.3.5, не требуется для пешеходных мостов, рекомендуемое значение для  $q_{fk}$ ,  $\text{кН/м}^2$ , равно:

$$q_{fk} = 2,0 + \frac{120}{L + 30};$$

$$q_{fk} \geq 2,5; q_{fk} \leq 5,0,$$
(5.1)

где  $L$  — длина нагружения, м.

### 5.3.2.2 Сосредоточенная нагрузка

(1) Нормативное значение сосредоточенной нагрузки  $Q_{fwk}$  должно быть принято равным 10 кН, действующим на квадратную поверхность со стороной 0,10 м.

*Примечание* — Нормативное значение этой нагрузки, а также размеры могут быть указаны в национальном приложении. Рекомендуются приведенные в данном пункте значения.

(2) Если при проверке общие и местные результаты отличаются, сосредоточенная нагрузка должна учитываться только для местных воздействий.

(3) Если для пешеходного моста определено транспортное средство обслуживания, приведенное в 5.3.2.3, то  $Q_{fwk}$  рассматривать не следует.

### 5.3.2.3 Транспортное средство обслуживания

(1) В случае, если транспортные средства обслуживания могут передвигаться по пешеходному мосту или по тротуару, следует учитывать только одно транспортное средство обслуживания  $Q_{serv}$ .

*Примечание 1* — Это транспортное средство может использоваться для обслуживания моста, для критических ситуаций (например, скорая помощь, пожар) или для другого обслуживания. Характеристики данного транспортного средства (осевая нагрузка и межосевое расстояние, площадь

контакта колес), динамическая добавка и все другие соответствующие правила нагружения могут быть определены в проектной документации или в национальном приложении. Если нет никакой информации и если постоянное препятствие не мешает въезду транспортного средства на пролетное строение, рекомендуется использовать в качестве транспортного средства обслуживания (нормативная нагрузка) транспортные средства, определенные в 5.6.3. В этом случае указания 5.6.3 не применяются, т. е. то же транспортное средство рассматривается как аварийное.

*Примечание 2* — Транспортное средство обслуживания не следует учитывать, если имеются постоянные устройства, предотвращающие доступ всех транспортных средств на пешеходный мост.

*Примечание 3* — Должны учитываться, как правило, несколько взаимоисключающих служебных транспортных средств.

#### 5.4 Статическая модель для горизонтальных сил — нормативные значения

(1) Только для пешеходных мостов следует учитывать горизонтальную силу  $Q_{flk}$ , действующую вдоль оси проезжей части моста на уровне тротуара.

(2) Нормативное значение горизонтальной силы должно быть принято равным большему из следующих двух значений:

— 10 % от суммарной нагрузки, соответствующей равномерно распределенной нагрузке (5.3.2.1);

— 60 % от полного веса транспортного средства обслуживания, если это обслуживание предусмотрено (5.3.2.3(1)Р).

*Примечание* — Нормативное значение горизонтальной силы может быть определено в национальном приложении или в проектной документации. Рекомендуются значения, приведенные в данном пункте.

(3) Принимается, что горизонтальная сила воздействует одновременно с соответствующей вертикальной нагрузкой, но не с сосредоточенной нагрузкой  $Q_{fwk}$ .

*Примечание* — Эта сила обычно достаточна, чтобы гарантировать горизонтальную продольную жесткость пешеходных мостов. Она не гарантирует горизонтальную поперечную жесткость, которая должна быть обеспечена путем рассмотрения других воздействий или принятия соответствующих расчетных подходов.

#### 5.5 Группы нагрузок от транспортных средств на пешеходных мостах

(1) Как правило, вертикальные нагрузки и горизонтальные силы, возникающие при движении, должны быть учтены при помощи рассмотрения групп нагрузок, определенных в таблице 5.1. Каждую из этих групп нагрузок, которые являются взаимоисключающими, следует рассматривать как определяющую нормативное воздействие для комбинации с нагрузками нетранспортного характера.

**Таблица 5.1 — Определение групп нагрузок (нормативные значения)**

Тип нагрузки		Вертикальные силы		Горизонтальные силы
Система нагрузки		Равномерно распределенная нагрузка	Транспортное средство обслуживания	
Группы нагрузок	gr1	$q_{fk}$	0	$Q_{flk}$
	gr2	0	$Q_{serv}$	$Q_{flk}$

(2) Для любого сочетания нагрузок от транспортных средств с воздействиями, определенными в других частях EN 1991, любую такую группу следует рассматривать как одно воздействие.

*Примечание* — Для отдельных компонентов нагрузок от транспортных средств на пешеходные мосты другие значения определены в EN 1990 (приложение A.2).

## **5.6 Воздействия при аварийных расчетных ситуациях для пешеходных мостов**

### **5.6.1 Общие положения**

(1) Такие воздействия обусловлены:

- дорожным транспортным потоком под мостом (т. е. столкновением);
- аварийным присутствием автомобиля большой грузоподъемности на мосту.

*Примечание* — Другие силы столкновения (см. 2.3) могут быть определены в проектной документации или в национальном приложении.

### **5.6.2 Силы столкновения, возникающие от дорожных транспортных средств под мостом**

(1) Должны быть предусмотрены меры защиты пешеходного моста.

*Примечание* — Пешеходные мосты (промежуточные опоры и пролеты), как правило, намного более чувствительны к силам столкновения, чем автодорожные мосты. Расчет с использованием той же нагрузки от столкновения может оказаться нереалистичным. Самый эффективный способ учета вероятности столкновения, как правило, состоит в защите пешеходных мостов:

- ограждающими устройствами, устанавливаемыми на соответствующем расстоянии перед промежуточными опорами;
- более высоким габаритом по сравнению с соседними автодорожными или железнодорожными мостами по той же дороге при отсутствии промежуточного съезда к дороге.

#### **5.6.2.1 Силы столкновения, воздействующие на промежуточные опоры**

(1) Следует учитывать силы, возникающие при столкновении дорожных транспортных средств негабаритной высоты или отклонившихся от своего направления движения, с промежуточными опорами или с несущими элементами пешеходного моста или с откосом насыпи или с лестницами.

*Примечание* — Национальное приложение может определять:

- правила защиты моста от сил столкновения с транспортными средствами;
- ситуации, когда силы столкновения с транспортными средствами должны быть учтены (например, в отношении безопасного расстояния между промежуточной опорой и краем проезжей части);
- величину и направление сил столкновения с транспортными средствами;
- подлежащие рассмотрению предельные состояния.

Для жестких промежуточных опор рекомендуются следующие минимальные значения:

- a) сила столкновения 1000 кН — в направлении движения транспортного средства или 500 кН — перпендикулярно к этому направлению;
- b) высота над уровнем соседней поверхностью земли 1,25 м (EN 1991-1-7).

### 5.6.2.2 Силы столкновения, воздействующие на пролетные строения

(1) При необходимости при проектировании должен быть обеспечен требуемый вертикальный габарит между поверхностью земли и нижней поверхностью конструкций пролетного строения.

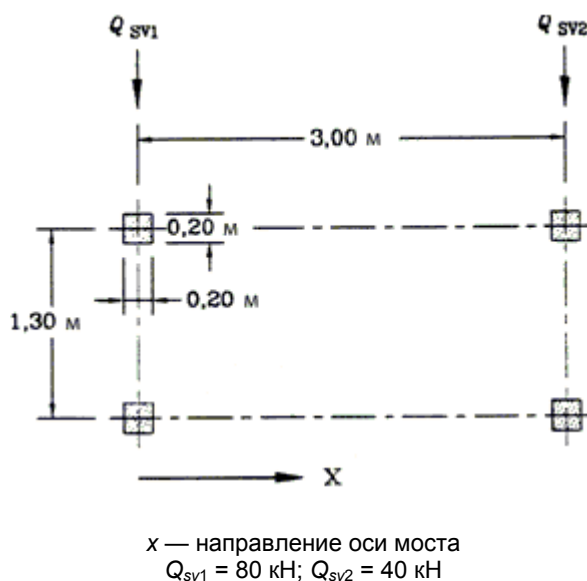
*Примечание 1* — Национальное приложение или проектная документация могут определять силы столкновения в зависимости от вертикального габарита (EN 1991-1-7).

*Примечание 2* — Как правило, необходимо учитывать возможность столкновения с транспортными средствами, имеющими негабаритную высоту или высоту, превышающую нормативную.

### 5.6.3 Присутствие транспортных средств на мосту в случае аварии

(1)Р Если постоянное препятствие не мешает въезду транспортного средства на мост, следует учитывать возможность аварийного присутствия транспортного средства на пролетных строениях.

(2) В такой ситуации должна использоваться следующая модель нагрузки, состоящая из группы двухосных нагрузок 80 и 40 кН с колесной базой 3 м (рисунок 5.2), колеей (от центра колеса до центра колеса) 1,3 м и квадратными площадками контакта со стороной 0,2 м на уровне покрытия. Сила торможения, связанная с этой моделью нагрузки, должна составлять 60 % от вертикальной нагрузки.



**Рисунок 5.2 — Аварийная нагрузка**

*Примечание 1* — См. примечание в 5.3.2.3(1)Р.

*Примечание 2* — В обоснованных случаях в национальном приложении или в проектной документации могут быть определены другие характеристики модели нагрузки. Рекомендуется модель, определенная в данном пункте.

(3) Никакое временное воздействие не должно учитываться одновременно с моделью нагрузки, определенной в 5.6.3 (2).



## 5.7 Динамические модели пешеходных нагрузок

(1) В зависимости от динамических характеристик конструкции должна определяться соответствующая собственная частота (соответствующая вертикальным, горизонтальным и крутильным колебаниям) основной конструкции пролетного строения моста путем рассмотрения соответствующей структурной модели.

*Примечание* — Колебания пешеходных мостов могут иметь различное происхождение, например, от пешеходов, которые могут идти, бежать, прыгать или танцевать, от ветра, вандализма и т.д.

(2) Силы, вызываемые пешеходами, с частотой, идентичной одной из собственных частот моста, могут привести к резонансу и должны быть учтены при проверках предельного состояния относительно колебаний.

*Примечание* — Влияние движения пешеходов на пешеходном мосту зависит от различных факторов, например от количества и расположения людей, которые, вероятно, могут одновременно находиться на мосту, и также от внешних обстоятельств, более или менее связанных с местоположением моста. При отсутствии существенной реакции моста, идущий пешеход вызывает в нем следующие одновременно действующие периодические силы:

- в вертикальном направлении в диапазоне частот 1–3 Гц;
- в горизонтальном направлении в диапазоне частот 0,5–1,5 Гц.

Группы бегунов могут пересекать пешеходный мост с частотой 3 Гц.

(3) Должны быть определены соответствующие динамические модели пешеходных нагрузок и критерии комфорта.

*Примечание* — Динамические модели пешеходных нагрузок и соответствующих критериев комфорта могут быть определены в национальном приложении или в проектной документации (EN 1990, приложение A.2).

## 5.8 Нагрузки на парапеты

(1) Для пешеходных мостов пешеходные парапеты должны быть проверены расчетом в соответствии с правилами, приведенными в 4.8.

## 5.9 Модель нагрузки для устоев и стен, примыкающих к мостам

(1) Внешняя область по отношению к проезжей части и расположенная позади устоев, подпорных стен насыпей, боковых стенок и других частей моста, находящихся в контакте с землей, должна быть нагружена равномерно распределенной вертикальной нагрузкой 5 кН/м<sup>2</sup>.

*Примечание 1* — Эта нагрузка не рассматривает воздействия тяжелых транспортных средств и других грузовиков, обычно используемых для засыпки.

*Примечание 2* — Нормативное значение может быть принято индивидуально для каждого проекта.

## **6 Воздействия от железнодорожного транспорта и другие воздействия на железнодорожные мосты**

### **6.1 Область применения**

(1)Р Настоящий раздел относится к железнодорожному сообщению по европейской сети магистралей со стандартной и увеличенной шириной колеи.

(2) Определенные в данном разделе модели нагрузки не описывают реальные нагрузки. Они были выбраны такими, чтобы их воздействие (динамическое добавка учитывается отдельно) отражало результаты движения обращающегося транспортного потока. При рассмотрении транспортного потока, выходящего за пределы моделей нагрузки, определенных в данной части, следует принимать альтернативные модели нагрузки вместе с соответствующими правилами сочетания.

*Примечание* — Альтернативные модели нагрузки вместе с соответствующими правилами сочетания могут быть определены в национальном приложении или в проектной документации.

(3)Р Требования настоящего раздела не распространяются на воздействия, связанные с:

- узкоколейками;
- трамвайными линиями и другими железными дорогами облегченного типа;
- законсервированными железными дорогами;
- зубчатыми железными дорогами;
- фуникулерами.

*Примечание* — Нагрузки и нормативные значения воздействий для данных типов железных дорог могут быть установлены в национальном приложении или для конкретного объекта в отдельности.

(4) В EN 1990 (приложение A.2) установлены требования для предельных значений деформации конструкций, подвергающихся воздействию от железнодорожного транспорта, необходимые для обеспечения безопасности движения и гарантии комфорта пассажиров и т. д.

(5) В качестве основы для расчета выносивости конструкций рассматривается три вида железнодорожного транспортного потока (см. приложение D).

(6) Собственный вес неконструктивных элементов включает вес таких элементов, как, например, шумовые барьеры и защитные ограждения, сигнальное оборудование, каналы, кабели и оборудование контактного провода (кроме сил, обусловленных натяжением контактного провода и т. д.).

(7) При расчетах особое внимание должно быть уделено временным мостам из-за гибкости некоторых типов временных конструкций. Должны быть определены нагрузки и требования при расчете временных мостов.

*Примечание* — Требования к нагрузкам при расчете временных железнодорожных мостов, которые, как правило, могут устанавливаться согласно настоящему EN 1991-2, могут быть определены в национальном приложении или в проектной документации. Для временных мостов в зависимости от условий, в которых они эксплуатируются, в национальном приложении или в проектной документации могут быть сформулированы специальные требования (например, специальные требования, необходимые для мостов с косым пересечением).

## **6.2 Описание воздействий — характер нагрузок от железнодорожного транспорта**

(1) Приведены общие правила для расчета соответствующих динамических эффектов, центробежных сил, силы бокового давления колес, тяговых и тормозных сил и аэродинамических воздействий, обусловленных проходящим железнодорожным транспортом.

(2) Воздействия, вызванные эксплуатацией железных дорог, представлены для:

- вертикальных нагрузок: модели нагрузки 71, SW (SW/0 и SW/2), «ненагруженный поезд» и HSLM (6.3 и 6.4.6.1.1);
- вертикальной нагрузки на земляное полотно дороги (6.3.6.4);
- динамических эффектов (6.4);
- центробежных сил (6.5.1);
- силы бокового давления колес (6.5.2);
- тяговых и тормозных сил (6.5.3);
- аэродинамических воздействий от проходящих поездов (6.6);
- воздействий, вызванных оборудованием контактного провода и другой железнодорожной инфраструктурой и оборудованием (6.7.3).

*Примечание* — Руководящие указания даются на основе учета совместной работы конструкции и рельсовых путей на временные нагрузки (6.5.4).

3) Нагрузки при сходе с рельсов для аварийных расчетных ситуаций приведены для оценки влияния схода с рельсов железнодорожного транспорта на конструкцию, воспринимающую усилие от железнодорожного транспорта (6.7.1).

## **6.3 Вертикальные нагрузки — нормативные значения (статические составляющие), эксцентриситет и распределение нагрузки**

### **6.3.1 Общие положения**

(1) Воздействия от железнодорожного движения определяются посредством применения моделей нагрузки. Приводятся пять моделей железнодорожной нагрузки:

- модель нагрузки 71 (и модель нагрузки SW/0 для неразрезных мостов) для описания нормального железнодорожного сообщения на магистральных железных дорогах;
- модель нагрузки SW/2 для описания тяжелых нагрузок;
- модель нагрузки HSLM для описания нагрузки от пассажирских поездов на скоростях, превышающих 200 км/ч;
- модель нагрузки «ненагруженный поезд» для описания влияния порожнего поезда.

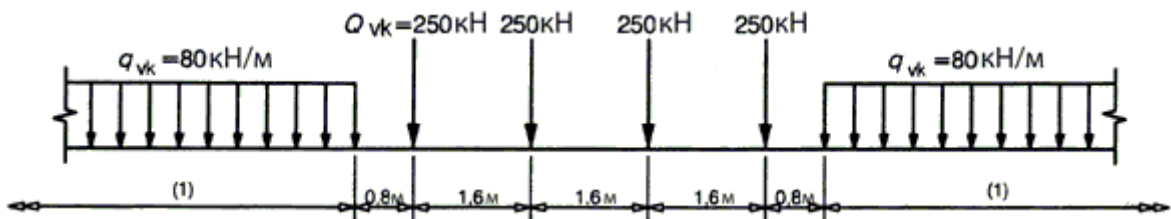
*Примечание* — Требования для применения моделей нагрузки приведены в 6.8.1.

(2) Вводится положение для изменения указанной нагрузки, чтобы учесть разницу в природе, объеме и максимальной нагрузке железнодорожного сообщения на различных железных дорогах, а также различное качество рельсовых путей.

### **6.3.2 Модель нагрузки 71**

(1) Модель нагрузки 71 описывает статическое воздействие вертикальной нагрузки, обусловленной нормальным железнодорожным сообщением.

(2) Расположение нагрузки и нормативные значения для вертикальных нагрузок должны быть приняты, как показано на рисунке 6.1.



(1) — никаких ограничений

**Рисунок 6.1 — Модель нагрузки 71 и нормативные значения для вертикальных нагрузок**

(3)Р Нормативные значения, приведенные на рисунке 6.1, должны быть умножены на коэффициент  $\alpha$  для линий, имеющих объем железнодорожных перевозок, более или менее нормального объема перевозок. Нагрузки, умноженные на коэффициент  $\alpha$ , называются «классифицированными вертикальными нагрузками». Коэффициент  $\alpha$  должен иметь одно из следующих значений:

0,75 – 0,83 – 0,91 – 1,00 – 1,10 – 1,21 – 1,33 – 1,46.

Приведенные ниже воздействия должны быть умножены на тот же коэффициент  $\alpha$ :

- эквивалентная вертикальная нагрузка для земляного полотна дороги и влияние давления грунта согласно 6.3.6.4;
- центробежные силы согласно 6.5.1;
- сила бокового давления колес согласно 6.5.2 (умножение на  $\alpha$  только при  $\alpha \geq 1$ );
- тяговые усилия и тормозные силы согласно 6.5.3;
- совместная работа конструкции моста и рельсовых путей на временные воздействия согласно 6.5.4;
- воздействия при сходе с рельсов для аварийных расчетных ситуаций согласно 6.7.1(2);
- модель нагрузки SW/0 для мостов неразрезного пролетного строения согласно 6.3.3 и 6.8.1(8).

*Примечание* — Для международных линий рекомендуется принимать  $\alpha \geq 1,00$ . Коэффициент  $\alpha$  может быть определен в национальном приложении или в проектной документации.

(4)Р При проверке предельных деформаций должны использоваться классифицированные вертикальные нагрузки и другие воздействия, увеличенные умножением на  $\alpha$  в соответствии с 6.3.2(3) (за исключением требований обеспечения комфорта пассажиров, где  $\alpha$  должен быть равен 1).

### 6.3.3 Модели нагрузки SW/0 и SW/2

(1) Модель нагрузки SW/0 описывает статическое влияние вертикальной нагрузки, обусловленное нормальным железнодорожным сообщением, на неразрезные балки.

(2) Модель нагрузки SW/2 описывает статическое влияние вертикальной нагрузки, обусловленное напряженным железнодорожным сообщением.

(3)Р Расположение нагрузок должно быть принято таким, как показано на рисунке 6.2, с нормативными значениями вертикальных нагрузок согласно таблице 6.1.

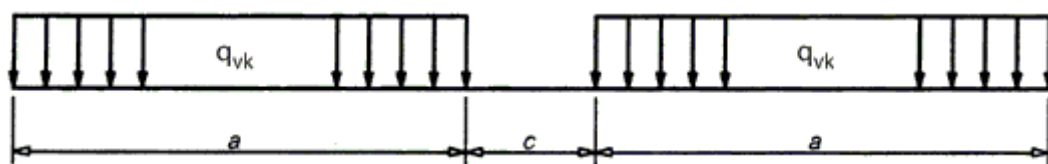


Рисунок 6.2 — Модели нагрузки SW/0 и SW/2

Таблица 6.1 — Нормативные значения вертикальных нагрузок для моделей нагрузки SW/0 и SW/2

Модель нагрузки	$q_{vk}$ , кН/м	$a$ , м	$c$ , м
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

(4)Р Должны быть определены линии или части линий с интенсивным железнодорожным движением, для которых следует использовать модель нагрузки SW/2.

*Примечание* — Такое определение может быть приведено в национальном приложении или для каждого конкретного объекта.

(5)Р Модель нагрузки SW/0 должна быть умножена на коэффициент  $\alpha$  в соответствии с 6.3.2 (3).

### 6.3.4 Модель нагрузки «ненагруженный поезд»

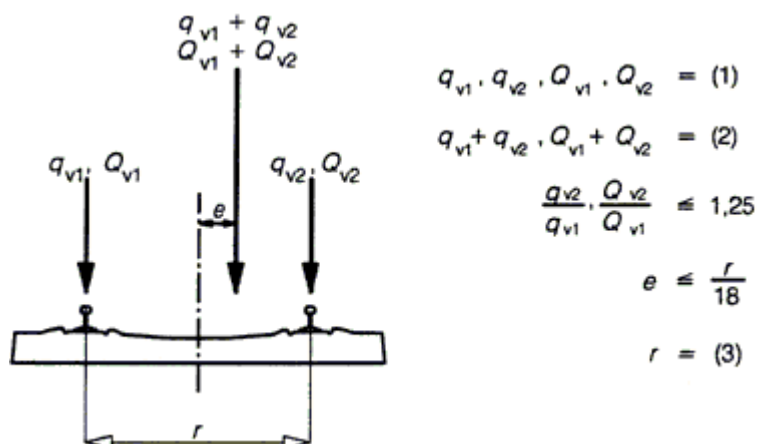
(1) Для некоторых специальных проверок (EN 1990 (приложение A.2, A.2.2.4)) используется особая модель нагрузки, называемая «ненагруженный поезд». Модель нагрузки «ненагруженный поезд» состоит из вертикальной равномерно распределенной нагрузки с нормативным значением 10,0 кН/м.

### 6.3.5 Эксцентриситет вертикальных нагрузок (модели нагрузки 71 и SW/0)

(1)Р Влияние бокового смещения вертикальных нагрузок должно быть учтено путем введения отношения нагрузок на колесо на всех осях, принимающего значения до 1,25:1,00 для любого рельсового пути. Получающийся в результате эксцентриситет  $e$  показан на рисунке 6.3.

Эксцентриситетом вертикальных нагрузок можно пренебречь при расчете на выносливость.

*Примечание* — В 6.8.1 указаны требования, применяемые при учете положения рельсовых путей и допуск на такое положение.



- (1) — равномерно распределенная нагрузка и сосредоточенные нагрузки на каждом рельсе (в зависимости от условий); (2) — модель LM 71 (и модель SW/0 там, где она требуется); (3) — поперечное расстояние между колесными нагрузками

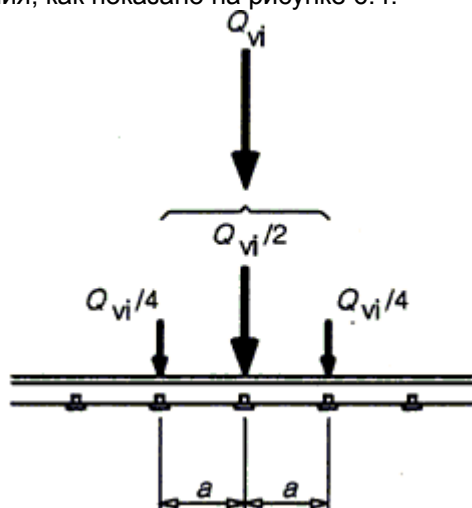
**Рисунок 6.3 — Эксцентриситет вертикальных нагрузок**

### 6.3.6 Распределение осевых нагрузок на рельсы, шпалы и балласт

(1) Подпункты 6.3.6.1 – 6.3.6.3 применимы к реальным поездам, поездам при расчете на выносливость, моделям нагрузки 71, SW/0, SW/2, «ненагруженный поезд» и HSLM за исключением тех случаев, где указано другое.

#### 6.3.6.1 Продольное распределение сосредоточенной силы или колесной нагрузки рельсами

(1) Сосредоточенная сила в модели нагрузки 71 (или классифицированная вертикальная нагрузка в соответствии с 6.3.2 (3) там, где это требуется) и в модели HSLM (за исключением модели HSLM-B) или колесная нагрузка могут быть распределены на три точки рельсового основания, как показано на рисунке 6.4.



$Q_{vi}$  — сосредоточенная сила, действующая на каждый рельс в модели нагрузки 71, или колесная нагрузка реального поезда в соответствии с 6.3.5, поездом при расчете выносливости или моделью HSLM

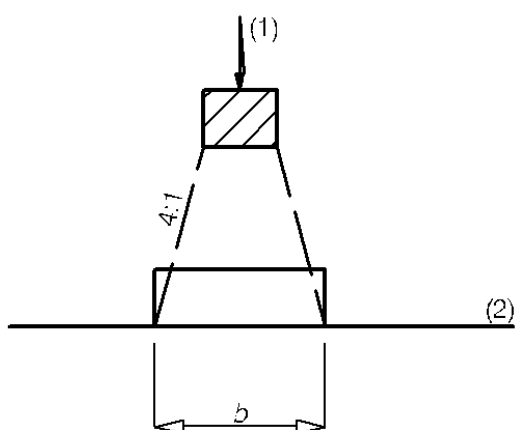
(за исключением модели HSLM-B);  $a$  — расстояние между точками рельсового основания

**Рисунок 6.4 — Продольное распределение сосредоточенной силы или колесной нагрузки рельсами**

#### 6.3.6.2 Продольное распределение нагрузки шпалами и балластом

(1) Как правило, сосредоточенные нагрузки только в модели нагрузки 71 (или классифицированная вертикальная нагрузка в соответствии с 6.3.2(3), если она требуется) или осевая нагрузка могут быть распределены равномерно в продольном направлении (за исключением тех случаев, где местное воздействие нагрузки является существенным, например, при расчете отдельных элементов мостового полотна и т. п.).

(2) При расчете отдельных элементов мостового полотна и т. п. (например, продольных и поперечных ребер жесткости, продольных подрельсовых балок, поперечных балок, плит проезжих частей, тонких бетонных плит и т. д.) следует учитывать продольное распределение от шпал, как показано на рисунке 6.5, где в качестве базовой плоскости взята верхняя поверхность плиты проезда.

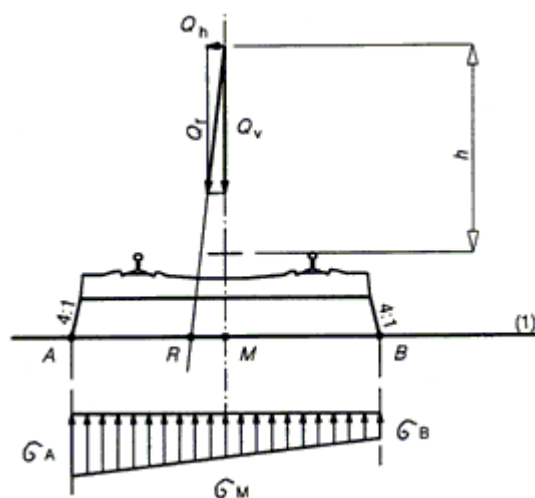


(1) — нагрузка на шпалу; (2) — базовая плоскость

**Рисунок 6.5 — Продольное распределение нагрузки шпалой и балластом**

### 6.3.6.3 Поперечное распределение воздействий шпалами и балластом

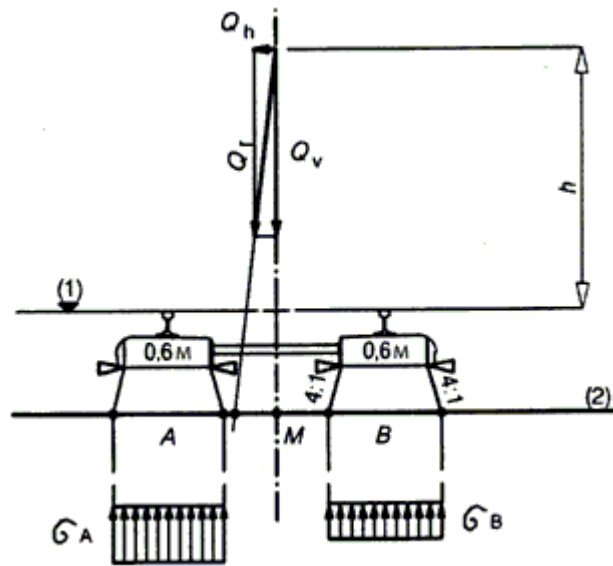
(1) На мостах с балластированным рельсовым путем без наклона виража воздействия должны быть распределены в поперечном направлении, как показано на рисунке 6.6.



(1) — базовая плоскость

**Рисунок 6.6 — Поперечное распределение нагрузок шпалами и балластом для рельсового пути без наклона виража (влияние эксцентриситета вертикальных нагрузок не показано)**

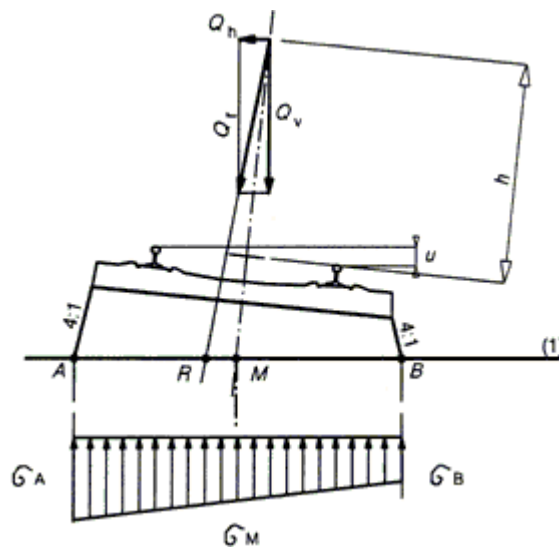
(2) На мостах с балластированным рельсовым путем (без наклона виража) и шпалами полной длины, где балласт уплотнен только под рельсами, или для двухблочных шпал воздействия должны быть распределены в поперечном направлении, как показано на рисунке 6.7.



(1) — контактная поверхность рельса; (2) — базовая плоскость

**Рисунок 6.7 — Поперечное распределение нагрузок шпалами и балластом для рельсового пути без наклона виража (влияние эксцентриситета вертикальных нагрузок не показано)**

(3) На мостах с балластированным рельсовым путем с наклоном виража воздействия должны быть распределены в поперечном направлении, как показано на рисунке 6.8.



1) — базовая плоскость

**Рисунок 6.8 — Поперечное распределение нагрузок шпалами и балластом для рельсового пути с наклоном виража (влияние эксцентриситета вертикальных нагрузок не показано)**

(4) На мостах с балластированным рельсовым путем и наклоном виража и для шпал полной длины, где балласт уплотнен только под рельсами, или для двухблочных шпал схема, приведенная на рисунке 6.8, должна быть изменена так, чтобы было учтено распределение поперечной нагрузки под каждым рельсом, показанным на рисунке 6.7.

(5) Для принятия в расчет должно быть определено поперечное распределение.



*Примечание* — Проектная документация может определять поперечное распределение.

#### **6.3.6.4 Эквивалентная вертикальная нагрузка на земляное полотно и влияние давления грунта**

(1) Эквивалентная нормативная вертикальная нагрузка, вызванная железнодорожным движением, на земляное полотно рельсового пути или примыкающие к нему земляные сооружения, может быть принята как соответствующая модель нагрузки (LM71 (или классифицированная вертикальная нагрузка в соответствии с 6.3.2(3), если она требуется) и модель SW/2, если она требуется) равномерно распределенная по ширине 3,0 м на уровне на 0,7 м ниже контактной поверхности рельсового пути.

(2) Динамический коэффициент или добавка к вышеуказанной равномерно распределенной нагрузке не применяется.

(3) При расчете отдельных элементов, примыкающих к рельсовому пути (например, балластных подпорных стенок), должен быть выполнен специальный расчет, учитывающий максимальную местную вертикальную, продольную и поперечную нагрузку на элемент, обусловленную воздействием железнодорожного транспорта.

#### **6.3.7 Воздействия на служебные проходы**

*Примечание* — проектная документация может определять альтернативные требования для служебных проходов или платформ обслуживания и т. д.

(1) Служебные проходы предназначены для использования только уполномоченными лицами.

(2) Нагрузки, вызванные пешеходами, велосипедами и общим техобслуживанием, должны быть представлены равномерно распределенной нагрузкой с нормативным значением  $q_{fk} = 5 \text{ кН/м}^2$ .

(3) При расчете отдельных элементов должна быть использована одиночная сосредоточенная нагрузка  $Q_k = 2,0 \text{ кН}$ , прилагаемая к квадратной поверхности со стороной 200 мм.

(4) Горизонтальные силы, воздействующие на парапеты, разделительные перегородки и барьеры, предназначенные для людей, должны быть приняты в рамках категорий В и С1 по EN 1991-1-1.

#### **6.4 Динамические эффекты (включая резонанс)**

##### **6.4.1 Введение**

(1) Статические напряжения и деформации (и соответствующее ускорение пролетов моста), возникающие в конструкциях мостов, увеличиваются и уменьшаются под влиянием передвигающегося транспорта в связи со следующими явлениями:

— высокочастотное нагружение вследствие скорости движения транспорта, пересекающего конструкцию, и инерционный отклик (удар) конструкции;

— прохождение следующих друг за другом с приблизительно одинаковым интервалом нагрузок, которые могут возбуждать колебания конструкции и при определенных обстоятельствах создавать резонанс (если частота возбуждения или кратное ей значение совпадает с собственной частотой конструкции или с кратным ей значением), есть вероятность того, что колебания, вызванные проездом по конструкции следующих друг за другом осей, будут чрезмерно большими;

— изменения колесных нагрузок, возникающих вследствие дефектов рельсового пути или транспортного средства (включая дефекты колес).

(2)Р Для определения воздействия железнодорожной нагрузки (напряжения, прогибы, ускорение пролетного строения моста и т. д.) должны быть учтены вышеупомянутые явления.

#### **6.4.2 Факторы, влияющие на динамические характеристики**

(1) Основными факторами, влияющими на динамические характеристики, являются:

- i) скорость движения по мосту;
- ii) пролет  $L$  элемента и длина линии влияния прогибов рассматриваемого элемента;
- iii) масса конструкции;
- iv) собственная частота конструкции в целом и важных элементов конструкции и соответствующая форма колебаний (собственные формы) вдоль направления рельсового пути;
- v) количество осей, осевые нагрузки и межосевой интервал;
- vi) демпфирование конструкции;
- vii) дефекты рельсового пути в вертикальной плоскости;
- viii) неподрессоренная/пдрессоренная масса и характеристики подвески транспортного средства;
- ix) наличие расположенных через регулярные интервалы поддерживающих элементов покрытия мостового полотна и/или рельсовых путей (поперечные балки, шпалы и т. д.);
- x) дефекты транспортного средства (выбоины колес, некруглые колеса, дефекты подвески и т. д.);
- xi) динамические характеристики рельсовых путей (балласт, шпалы, компоненты рельсовых путей и т. д.).

Эти факторы учтены в 6.4.4 – 6.4.6.

*Примечание* — Предельные значения прогибов, достаточные для того, чтобы избежать резонанса и чрезмерной вибрации, не определены. Критерии отклонения для обеспечения безопасности дорожного движения, комфорта пассажиров и т. д. приведены в EN 1990 (приложение A.2).

#### **6.4.3 Общие правила расчетов**

(1)Р Статический анализ должен выполняться с моделями нагрузки, определенными в 6.3 (модель LM71 и, если они требуются, модели нагрузки SW/0 и SW/2). Результаты должны быть умножены на динамический коэффициент  $\Phi$ , определенный в 6.4.5 (и, если это требуется, умножены на коэффициент  $\alpha$  в соответствии с 6.3.2).

(2) Критерии для определения необходимости расчета на динамическую нагрузку приведены в 6.4.4.

(3)Р Если расчет на динамическую нагрузку необходим, то:

- случаи дополнительной нагрузки при расчетах на динамическую нагрузку должны быть учтены в соответствии с 6.4.6.1.2;
- максимальное пиковое ускорение пролетного строения должно приниматься в соответствии с 6.4.6.5;
- результаты расчетов на динамическую нагрузку должны сравниваться с результатами статического анализа, умноженными на динамический коэффициент  $\Phi$ , определенный в 6.4.5 (если требуется, умноженными на  $\alpha$  в соответствии с 6.3.2). Для расчета моста должны использоваться самые неблагоприятные значения влияния нагрузки в соответствии с 6.4.6.5;

— в соответствии с 6.4.6.6 должна быть выполнена проверка, гарантирующая, что дополнительное усталостное нагружение при высоких скоростях и в резонансе перекрывается напряжениями, полученными на основании результатов статического анализа и умноженными на динамический коэффициент  $\Phi$ .

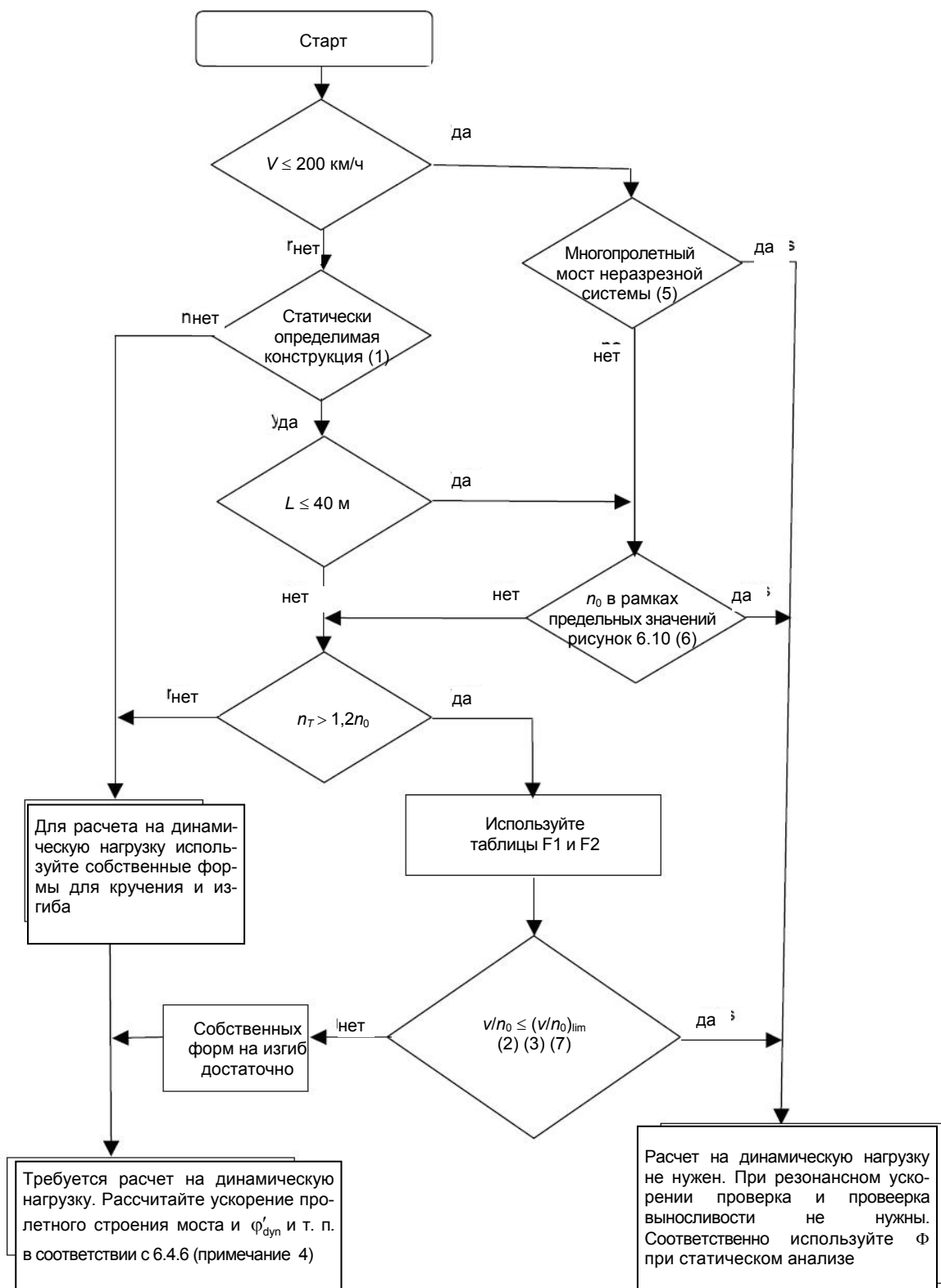
(4) Все мосты, где максимальная линейная скорость в данном месте превышает 200 км/ч или где требуется расчет на динамическую нагрузку, должны быть рассчитаны для нормативных значений модели нагрузки 71 (и, если требуется, модели нагрузки SW/0) или классифицированных вертикальных нагрузок с  $\alpha \geq 1$  в соответствии с 6.3.2.

(5) Для пассажирских поездов допуски на динамические эффекты, описанные в 6.4.4 – 6.4.6, действительны для максимально разрешенных скоростей транспортного средства до 350 км/ч.

#### **6.4.4 Требования для статического анализа или расчетов на динамическую нагрузку**

(1) Требования, определяющие нужен ли статический анализ или расчет на динамическую нагрузку, показаны на рисунке 6.9.

*Примечание* — Национальное приложение может определять альтернативные требования. Рекомендуется использование блок-схемы на рисунке 6.9.



где  $V$  — максимальная линейная скорость в данном месте, км/ч;  
 $L$  — длина пролета, м;  
 $n_0$  — первая изгибная собственная частота моста, нагруженного постоянными воздействиями, Гц;  
 $n_T$  — первая собственная крутильная частота моста, нагруженного постоянными воздействиями, Гц;

$v$  — максимальная номинальная скорость, м/с;  
 $(v/n_0)_{lim}$  приведено в приложении F.

**Рисунок 6.9 — Блок-схема для определения необходимости расчета на динамическую нагрузку**

*Примечание 1* — Применимо для свободно опертых мостов, имеющих только продольную балку, или простое поведение плиты с незначительным скосом на жестких опорах.

*Примечание 2* — Относительно таблиц F1 и F2 и соответствующих пределов применимости см. приложение F.

*Примечание 3* — Расчет на динамическую нагрузку требуется там, где часто встречающаяся эксплуатационная скорость реального поезда равна резонансной скорости конструкции (см. 6.4.6.6 и приложение F).

*Примечание 4* —  $\varphi'_{dyn}$  определяет компонент динамического воздействия от реальных поездов для конструкции, описанной в 6.4.6.5(3).

*Примечание 5* — Применимо к мостам, удовлетворяющим требованиям к прочности, предельной деформации, приведенной в EN 1990 (приложение A.2, A.2.4.4) и для максимального ускорения корпуса пассажирского вагона (или для соответствующих предельных отклонений), соответствующего очень хорошему стандарту комфорта пассажиров, приведенному в EN 1990, приложение A.2.

*Примечание 6* — Для мостов с первой собственной частотой  $n_0$ , попадающей в зону предельных значений, показанных на рисунке 6.10, и с максимальной линейной скоростью в данном месте, не превышающей 200 км/ч, расчет на динамическую нагрузку не требуется.

*Примечание 7* — Для мостов с первой собственной частотой  $n_0$ , превышающей верхний предел (1) на рисунке 6.10, требуется расчет на динамическую нагрузку (см. 6.4.6.1.1(7)).

Верхний предел  $n_0$  определяется динамической добавкой, обусловленной дефектами рельсового пути, и задается выражением

$$n_0 = 94,76L^{-0,748}$$

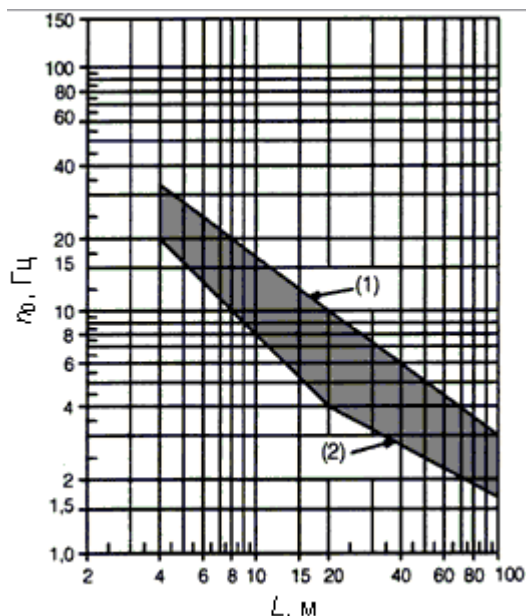
Нижний предел  $n_0$  определяется критериями динамического воздействия и задается выражением:

$$n_0 = 80/L \quad \text{для } 4 \leq L \leq 20;$$

$$n_0 = 23,58L - 0,592 \quad \text{для } 20 < L \leq 100,$$

— первая собственная частота моста, Гц, при учете массы, вызванная постоянными воздействиями;

— длина пролета, м, для свободно опертых мостов или  $L_\phi$  — для других мостовых типов.



- (1) — верхнее предельное значение собственной частоты;
- (2) — нижнее предельное значение собственной частоты

**Рисунок 6.10 — Предельные значения собственной частоты моста  $n_0$  в зависимости от  $L$**

*Примечание 8* — Для свободно опертого пролетного строения, подвергающегося только изгибу, собственная частота, Гц, может быть определена по формуле

$$n_0 = \frac{17,75}{\sqrt{\delta_0}}, \quad (6.3)$$

где  $\delta_0$  — прогиб в середине пролета, мм, вызванный постоянными воздействиями, который рассчитывается с использованием кратковременного модуля упругости для железобетонных мостов, в соответствии с периодом нагрузки, соответствующим собственной частоте моста.

#### 6.4.5 Динамический коэффициент $\Phi$ ( $\Phi_2$ , $\Phi_3$ )

##### 6.4.5.1 Область применения

(1) Динамический коэффициент  $\Phi$  учитывает динамическое увеличение напряжений и влияние колебаний конструкции, но не учитывает резонансные эффекты.

(2) Если не удовлетворяются критерии, определенные в 6.4.4, то существует риск, что может возникнуть резонансная или чрезмерная вибрация моста (с возможностью чрезмерного ускорения пролетного строения, приводящего к неустойчивости балласта и т. д., чрезмерным прогибам и напряжениям и т. д.). В таких случаях для вычисления ударных и резонансных эффектов должен быть выполнен расчет на динамическую нагрузку.

*Примечание* — Псевдостатические методы, использующие результаты расчета статической нагрузки, умноженные на динамический коэффициент  $\Phi$ , определенный в 6.4.5, не способны предсказать резонансные эффекты, возникающие при прохождении поездов с высокой скоростью. Для прогнозирования динамических эффектов при резонансе необходимы методики динамического анализа, которые учитывают зависимость нагрузки от времени в рамках модели нагрузки при высокой скорости HSLM и реальных поездов (например, с помощью решения уравнения движения).

(3) Конструкции, несущие более одного рельсового пути, следует рассматривать без динамических коэффициентов  $\Phi$ .

##### 6.4.5.2 Определение динамического коэффициента $\Phi$

(1) Динамический коэффициент  $\Phi$ , который увеличивает результаты от статической нагрузки для моделей нагрузки 71, SW/0 и SW/2, должен быть принят равным  $\Phi_2$  или  $\Phi_3$ .

(2) Как правило, динамический коэффициент  $\Phi$  выбирается равным  $\Phi_2$  или  $\Phi_3$  в зависимости от качества содержания железнодорожных путей:

(а) для тщательно обслуживаемых рельсовых путей

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82, \quad (6.4)$$

при  $1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$ ;

(б) для рельсовых путей со стандартным техобслуживанием

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,73 \quad (6.5)$$

при  $1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$ ,

где  $L_\Phi$  — определяющая длина, м (длина, связанная с  $\Phi$ ), значения которой приведены в таблице 6.2.

*Примечание* — Динамические коэффициенты были установлены для свободно опертых балок. Длина  $L_{\Phi}$  позволяет находить эти коэффициенты применительно к другим конструктивным элементам с различными граничными условиями.

(3)Р Если динамический коэффициент не определен, должен применяться коэффициент  $\Phi_3$ .

*Примечание* — Динамический коэффициент может быть определен в национальном приложении или в проектной документации.

- 4)Р Динамический коэффициент  $\Phi$  не должен учитываться для:
- нагрузки, обусловленной реальными поездами;
  - нагрузки, обусловленной поездами для расчета на выносливость (приложение D);
  - модели нагрузки HSLM (6.4.6.1.1 (2));
  - модели нагрузки «ненагруженный поезд» (6.3.4).

#### **6.4.5.3 Определяющая длина $L_{\Phi}$**

(1) Значения определяющей длины  $L_{\Phi}$  приведены в таблице 6.2.

*Примечание* — Альтернативные значения  $L_{\Phi}$  могут быть определены в национальном приложении. Рекомендуются значения, приведенные в таблице 6.2.

(2) Если значение  $L_{\Phi}$  не определено в таблице 6.2, то определяющая длина должна быть принята равной длине линии влияния прогибов рассматриваемого элемента или должны быть определены альтернативные значения.

*Примечание* — Для конкретных объектов могут определяться альтернативные значения.

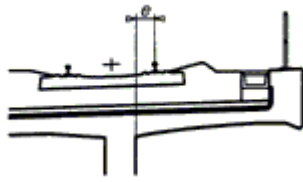
(3) Если результирующее напряжение в элементе конструкции зависит от нескольких результатов воздействий, каждый из которых относится к отдельной работе конструкции, то каждый результат должен быть вычислен с использованием соответствующей определяющей длины.

Таблица 6.2 — Определяющая длина  $L_{\Phi}$

Случай	Элемент конструкции	Определяющая длина $L_{\Phi}$
1	2	3
<b>Стальная плита проезжей части: закрытый настил с балластной подушкой (ортотропная плита для местных и поперечных напряжений)</b>		
1.1	Пролетное строение с поперечными балками и непрерывными продольными ребрами жесткости: плита проезжей части (для обоих направлений)	Утроенное поперечное расстояние между поперечными балками
1.2	непрерывные продольные ребра жесткости (включая малые консоли до 0,50 м) <sup>1)</sup>	Утроенное поперечное расстояние между поперечными балками
1.3	поперечные балки	Удвоенная длина поперечной балки
1.4	торцевые поперечные балки	3,6 м <sup>2)</sup>
2.1	Плита проезжей части только с поперечными балками: плита проезжей части (для обоих направлений)	Удвоенное поперечное расстояние между поперечными балками +3 м
2.2	поперечные балки	Удвоенное поперечное расстояние между поперечными балками +3 м
2.3	торцевые поперечные балки	3,6 м <sup>2)</sup>
<b>Стальная решетка: открытый настил без балластной подушки<sup>2)</sup> (для местных и поперечных напряжений)</b>		
3.1	Продольные рельсовые балки: как элемент непрерывной решетки  свободно опертые	Утроенное поперечное расстояние между поперечными балками Поперечное расстояние между поперечными балками +3 м
3.2	консоль продольной рельсовой балки <sup>1)</sup>	3,6 м
3.3	поперечные балки (как часть решетки из поперечных балок/непрерывных продольных рельсовых балок)	Удвоенное поперечное расстояние между поперечными балками
3.4	торцевые поперечные балки	3,6 м <sup>2)</sup>
<b>Бетонная плита настила с балластной подушкой (для местных и поперечных напряжений)</b>		
4.1	Плита проезжей части как часть коробчатой балки или верхнего пояса главной балки: расположенная поперечно к главным балкам  расположенная в продольном направлении поперечные балки	Утроенный пролет плиты проезжей части  Утроенный пролет плиты проезжей части Удвоенная длина поперечной балки



Продолжение таблицы 6.2

1	2	3
4.1	<p>Поперечные консоли, поддерживающие железнодорожный путь</p>	 <p><math>e \leq 0,5</math> м — утроенное расстояние между ребрами балки  <math>e &gt; 0,5</math> м<sup>1)</sup></p> <p><b>Рисунок 6.11 — Поперечная консоль, поддерживающая железнодорожный путь</b></p>
4.2	<p>Плита проезжей части неразрезная (в направлении главной балки) над поперечными балками</p>	<p>Удвоенное поперечное расстояние между поперечными балками</p>
4.3	<p>Плита проезжей части для мостов с ездой посередине и понизу:          расположенная поперечно к главным балкам</p>	<p>Удвоенный пролет плиты проезжей части +3 м</p>
4.4	<p>Плиты проезжей части, расположенные поперечно между продольными стальными балками, в залитых бетоном.</p>	<p>Удвоенный пролет плиты проезжей части          Удвоенная определяющая длина в продольном направлении</p>
4.5	<p>Продольные консоли плит проезжей части</p>	<p><math>e \leq 0,5</math> м; <math>3,6</math> м<sup>2)</sup>  <math>e &gt; 0,5</math> м<sup>1)</sup></p>
4.6	<p>Торцевые поперечные балки или диафрагмы</p>	<p><math>3,6</math> м<sup>2)</sup></p>
<b>Главные балки</b>		
5.1	<p>Свободно опертые балки и плиты (включая стальные балки, омоноличенные в бетон)</p>	<p>Пролет в направлении главной балки</p>
5.2	<p>Решетки и плиты, непрерывные на протяжении <math>n</math> пролетов, где</p> $L_m = 1/n \cdot (L_1 + L_2 + \dots + L_n) \quad (6.6)$	$L_\phi = kL_m, \quad (6.7)$ <p>но не менее, чем <math>\max L_i (i = 1, \dots, n)</math>  <math>n = 2; 3; 4; \geq 5</math>  <math>k = 1,2; 1,3; 1,4; 1,5</math></p>
5.3	<p>Портальные рамы и закрытые рамы или коробки:          однопролетные           многопролетные</p>	<p>Следует рассматривать как неразрезную балку с тремя пролетами (использовать 5.2 с вертикальной и горизонтальной длиной элементов рамы или коробки)</p> <p>Следует рассматривать как многопролетную неразрезную балку (использовать 5.2, с длиной торцевых вертикальных и горизонтальных элементов)</p>
5.4	<p>Одиночная арка, ребро арки, жесткие решетки арочных ферм с затяжкой</p>	<p>Половина пролета</p>
5.5	<p>Серия арок со сплошными надсводными строениями, сохраняющими заполнение</p>	<p>Удвоенный размер в свету</p>
5.6	<p>Подвесные траверсы (в совокупности с балками жесткости)</p>	<p>Умноженный на 4 продольный шаг подвесных траверс</p>

**Окончание таблицы 6.2**

1	2	3
<b>Опоры конструкции</b>		
6	Колонны, эстакады, опорные части пролетного строения, вертикальные опоры пролетного строения, анкеры и для вычисления контактных давлений под опорами	Определяющая длина поддерживаемых элементов
<sup>1)</sup> Как правило, все консоли, более 0,50 м и подвергающиеся воздействиям железнодорожного сообщения, требуют специального рассмотрения в соответствии с 6.4.6 и с нагрузкой, согласованной с соответствующими властями, определенными в национальном приложении. <sup>2)</sup> Рекомендуется применять $\Phi_3$ .		
<i>Примечание</i> — Для случаев 1.1 – 4.6 включительно $L_\Phi$ определяется по максимальной определяющей длине главных балок.		

**6.4.5.4 Уменьшенные динамические эффекты**

(1) При расчетах арочных мостов и железобетонных мостов всех типов с покрытием, превышающим 1,0 м, значения  $\Phi_2$  и  $\Phi_3$  могут быть уменьшены по формуле

$$\text{red}\Phi_{2,3} = \Phi_{2,3} - \frac{h - 1,00}{10} \geq 1,0, \quad (6.8)$$

где  $h$  — высота покрытия, включая балласт от вершины проезжей части до вершины шпалы (для арочных мостов от вершины верхней выпуклой поверхности между пятами арки), м.

(2) Результаты нагружения временной нагрузкой от железной дороги на колонны с гибкостью (приведенная длина(длина продольного изгиба)/радиус инерции) менее 30, устои, основания, подпорные стенки, а также давление на грунт могут быть вычислены без учета динамических эффектов.

**6.4.6 Требования при расчетах на динамическую нагрузку**

**6.4.6.1 Загружение и сочетания нагрузок**

**6.4.6.1.1 Загружение**

(1)Р Расчет на динамическую нагрузку должен производиться с использованием нормативных значений нагрузки для указанных реальных поездов. При выборе реальных поездов следует учитывать каждое разрешенное или предусмотренное формирование поезда для каждого разрешенного или предусмотренного типа высокоскоростного поезда, для пропуска на скоростях, превышающих 200 км/ч.

*Примечание 1* — Проектная документация может определять нормативные осевые нагрузки и межосевые интервалы для любой конфигурации заданного реального поезда.

*Примечание 2* — Также см. 6.4.6.1.1(7) для загрузки, где требуется расчет на динамическую нагрузку для максимальной линейной скорости менее 200 км/ч, на конкретном участке.

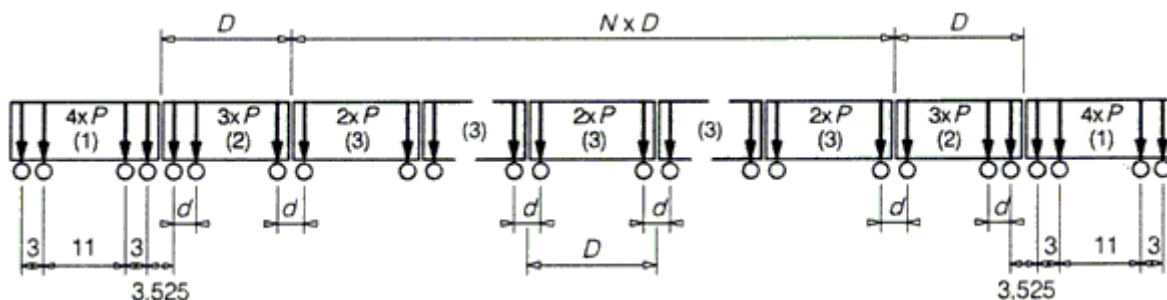
(2)Р Расчет на динамическую нагрузку должен быть выполнен при использовании модели нагрузки HSLM для мостов, проектируемых для международных линий, где применимы европейские критерии высокой скорости.

*Примечание* — Для конкретного объекта может быть определено, когда должна использоваться модель нагрузки HSLM.

(3) Модель нагрузки HSLM включает два отдельных универсальных поезда с переменной длиной пассажирского вагона (модели HSLM-A и HSLM-B).

*Примечание* — Модели HSLM-A и HSLM-B определяют влияние динамической нагрузки на сочлененные высокоскоростные пассажирские поезда, как правило, применяемые для регулярного сообщения в соответствии с требованиями Европейской Технической Спецификации для Функциональной Совместимости, приведенные в Е.1 (приложение Е).

(4) Модель HSLM-A приведена на рисунке 6.12 и в таблице 6.3.



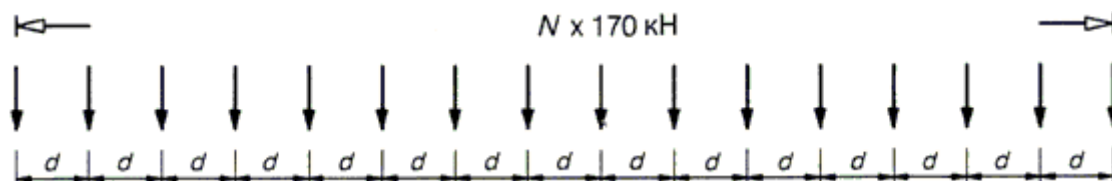
- 1) — Тяговый вагон (передний и задний тяговые вагоны идентичны);  
 2) — конечный пассажирский вагон (передний и задний конечные пассажирские вагоны идентичны);  
 3) — промежуточный пассажирский вагон

**Рисунок 6.12 — Модель HSLM-A**

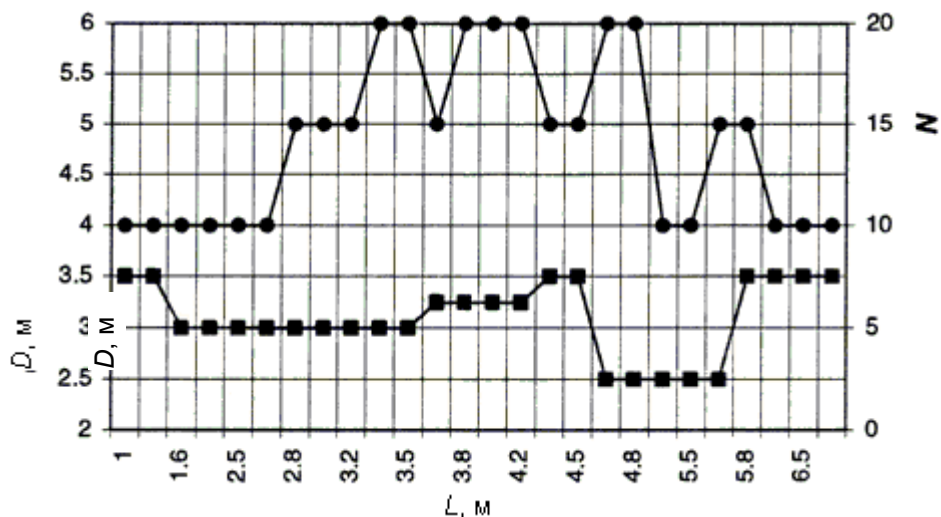
**Таблица 6.3 — Модель HSLM-A**

Универсальный поезд	Количество промежуточных пассажирских вагонов $N$	Длина пассажирского вагона $D$ , м	Расстояние между осями тележки $d$ , м	Сосредоточенная сила $P$ , кН
A1	18	18	2,0	170
A2	17	19	3,5	200
A3	16	20	2,0	180
A4	15	21	3,0	190
A5	14	22	2,0	170
A6	13	23	2,0	180
A7	13	24	2,0	190
A8	12	25	2,5	190
A9	11	26	2,0	210
A10	11	27	2,0	210

(5) Модель HSLM-B включает  $N$  сосредоточенных сил 170 кН, приложенных через равномерный интервал  $d$ , м, где  $N$  и  $d$  определены на рисунках 6.13 и 6.14.



**Рисунок 6.13 — Модель HSLM-B**



где  $L$  — длина пролета, м.

Рисунок 6.14 — Модель HSLM-B

(6) Модель HSLM-A или модель HSLM-B должны применяться в соответствии с требованиями таблицы 6.4.

Таблица 6.4 — Применение моделей HSLM-A и HSLM-B

Конфигурация конструкции	Пролет, м	
	$L < 7$	$L \geq 7$
Свободно опертый пролет <sup>1)</sup>	Модель HSLM-B <sup>2)</sup>	Модель HSLM-A <sup>3)</sup>
Неразрезная конструкция <sup>1)</sup> или Сложная конструкция <sup>5)</sup>	Модель HSLM-A Поезда А1 – А10 включ. <sup>4)</sup>	Модель HSLM-A Поезда А1 – А10 включ. <sup>4)</sup>
<sup>1)</sup> Применимо для мостов только с продольной балкой или с простым поведением плиты с незначительным скосом, на жестких опорах. <sup>2)</sup> Для свободно опертых пролетов с длиной пролета до 7 м для анализа может использоваться единственный критический универсальный поезд модели HSLM-B в соответствии с 6.4.6.1.1(5). <sup>3)</sup> Для свободно опертых пролетов с длиной пролета 7 м или более для расчетов на динамическую нагрузку может использоваться единственный критический универсальный поезд модели HSLM-A в соответствии с приложением Е (В качестве альтернативы могут использоваться универсальные поезда А1 – А10 включ.). <sup>4)</sup> Все поезда А1 – А10 включ. должны использоваться при расчетах. <sup>5)</sup> Любая конструкция, которая не соответствует приведенному выше примечанию <sup>1)</sup> , например косяя конструкция, мост, испытывающий значительный крутящий момент, конструкция с ездой посередине со значительными вибрациями плиты проезда или главной балки и т. д. Кроме того, для сложных конструкций с существенными формами колебаний мостового полотна (например, мосты с ездой посередине или мосты с ездой понизу с мостовым полотном небольшой толщины) модель HSLM-B также должна быть применена.		
<i>Примечание</i> — Национальное приложение или проектная документация может определять дополнительные требования, касающиеся применения моделей HSLM-A и HSLM-B к неразрезным и сложным конструкциям.		

(7) Если частотные пределы на рисунке 6.10 не удовлетворяются и максимальная линейная скорость в данном месте менее или равна 200 км/ч, то должен быть выполнен расчет на динамическую нагрузку. В ходе такого расчета должны быть учтены особенности поведения, приведенные в 6.4.2, и рассмотрены:

— поезда типов 1–12, приведенные в приложении D;

— указанные реальные поезда.

*Примечание* — Нагрузка и методология расчета могут быть определены в проектной документации и должны быть согласованы с соответствующими органами управления в национальном приложении.

#### 6.4.6.1.2 Сочетания нагрузок и коэффициенты сочетания

(1) Для расчетов на динамическую нагрузку при вычислении значений массы, связанной с собственным весом и нагрузками, которые могут быть убраны с пролетного строения (балласт и т. д.), должны использоваться номинальные значения плотности.

(2)Р Для расчетов на динамическую нагрузку должны использоваться нагрузки, соответствующие 6.4.6.1.1(1) и (2) и, где это требуется, 6.4.6.1.1(7).

(3) Для расчетов на динамическую нагрузку только конструкции должен быть нагружен один рельсовый путь (самый неблагоприятный) в соответствии с таблицей 6.5.

**Таблица 6.5 — Перечень случаев дополнительной нагрузки в зависимости от количества рельсовых путей на мосту**

Количество рельсовых путей на мосту	Нагруженный рельсовый путь	Нагрузка для расчетов на динамическую нагрузку
1	Один	Каждый реальный поезд и модель нагрузки HSLM (если требуется), движущиеся в разрешенном(ых) направлении(ях) движения
2 (поезда, обычно едущие в противоположных направлениях <sup>1)</sup> )	Любой рельсовый путь	Каждый реальный поезд и модель нагрузки HSLM (если требуется), движущиеся в разрешенном(ых) направлении(ях) движения
	Другой рельсовый путь	Нет

<sup>1)</sup> Для мостов, несущих два рельсовых пути с поездами, обычно едущими в одном и том же направлении, или несущих три или более рельсовых путей с максимальной линейной скоростью в данном месте, превышающей 200 км/ч, нагрузка должна быть согласована с органами управления, определенными в национальном приложении.

(4) Если результаты расчета, полученные в рамках расчетов на динамическую нагрузку, превышают результаты, полученные на основании модели нагрузки 71 (и модели нагрузки SW/0 для неразрезных конструкций) в соответствии с 6.4.6.5(3) для рельсового пути, то результаты расчета, полученные в рамках расчетов на динамическую нагрузку, должны сочетаться с:

— результатами расчета от горизонтальных сил, действующих на рельсовый путь, подвергающийся нагрузке в расчетах на динамическую нагрузку;

— результатами расчета для вертикальной и горизонтальной нагрузок, действующих на другой рельсовый путь (пути), в соответствии с требованиями 6.8.1 и таблицы 6.11.

(5)Р Если результаты расчета нагрузки, полученные в рамках расчетов на динамическую нагрузку, превышают результаты, полученные на основании модели нагрузки 71 (и модели нагрузки SW/0 для неразрезных конструкций) в соответствии с 6.4.6.5(3), то результаты для динамической нагрузки рельса (изгибающие моменты, сдвиг, деформации и т. д., исключая ускорение), определенные на основании расчетов на

динамическую нагрузку, должны быть увеличены с помощью коэффициентов сочетания, приведенных в приложении А.2 EN 1990.

(6)Р Коэффициенты сочетания не должны применяться к нагрузке, приведенной в 6.4.6.1.1, при определении ускорения пролета моста. Рассчитанные значения ускорения должны быть непосредственно сопоставлены с расчетными значениями 6.4.6.5.

(7) Мост должен быть рассчитан на дополнительные эффекты влияющие на выносливость в резонансе от нагрузки в соответствии с 6.4.6.1.1 на любом рельсовом пути (см. 6.4.6.6).

#### 6.4.6.2 Скорости, подлежащие рассмотрению

(1)Р Для каждого реального поезда и модели нагрузки HSLM следует рассматривать ряд значений скорости включая максимальную расчетную скорость. Максимальная расчетная скорость должна, как правило, равняться (1,2 × максимальная линейная скорость на данном участке).

Должна быть установлена максимальная линейная скорость на данном участке.

*Примечание 1* — Проектная документация может определять максимальную линейную скорость на данном участке.

*Примечание 2* — Уменьшенная скорость может использоваться для проверки отдельных реальных поездов при скорости, равной (1,2 × связанная с ними максимальная разрешенная скорость транспортного средства), если это необходимо для конкретного объекта.

*Примечание 3* — Рекомендуется, чтобы проектная документация определяла увеличенную максимальную линейную скорость на данном участке для учета потенциальных изменений инфраструктуры и будущего подвижного состава.

*Примечание 4* — Конструкции могут проявлять резко пиковый отклик, вызванный резонансными эффектами. Если есть вероятность превышения поездом максимальной разрешенной скорости или имеющейся в настоящее время или предвидимой максимальной линейной скорости в данном месте, то рекомендуется, чтобы проектная документация определяла дополнительный коэффициент для увеличения максимальной расчетной скорости, которая должна быть использована в расчетах на динамическую нагрузку.

*Примечание 5* — Рекомендуется, чтобы в проектной документации были определены дополнительные требования для проверки конструкции, если принято требование по проведению испытаний при вводе в эксплуатацию реального поезда. Максимальная расчетная скорость, используемая для реального поезда, должна быть, по меньшей мере, равна (1,2 × максимальная скорость при вводе поезда в эксплуатацию). Необходимо, чтобы расчеты показывали, что требования безопасности (максимальное ускорение пролета, результаты расчета максимальной нагрузки и т. д.) выполняются для конструкций на скоростях выше 200 км/ч. При скоростях, равных (1,2 × максимальная скорость при вводе поезда в эксплуатацию), критерии выносливости конструкций и комфорта пассажиров не проверяются.

(2) Расчеты должны быть проведены для ряда скоростей от 40 м/с до максимальной расчетной скорости, определенной в 6.4.6.2(1). Меньшие пошаговые приращения скорости должны применяться в области резонансных скоростей.

Для свободно опертых пролетов, которые могут моделироваться как линейные балки, резонансные скорости могут быть определены по формуле

$$v_i = n_0 \lambda_i \quad (6.9)$$

и

$$40 \leq v_i \leq \text{максимальная расчетная скорость}, \quad (6.10)$$

где  $v_i$  — резонансная скорость, м/с;

$n_0$  — первая собственная частота ненагруженной конструкции;

$\lambda_i$  — главная длина волны частоты возбуждения, которая может быть определена по формуле

$$\lambda_i = \frac{d}{i}, \quad (6.11)$$

здесь  $d$  — регулярный интервал между группами осей;  
 $i = 1, 2, 3$  или  $4$ .

### 6.4.6.3 Параметры мостов

#### 6.4.6.3.1 Демпфирование конструкции

(1) Пиковый отклик конструкции на транспортные скорости, соответствующие резонансной нагрузке, зависит от демпфирования.

(2)Р Должны использоваться только нижние границы демпфирования.

(3) Должны использоваться следующие значения демпфирования в расчетах на динамическую нагрузку.

**Таблица 6.6 — Значения демпфирования, которые должны быть приняты для расчета**

Тип пролетных строений	Нижнее предельное значение $\zeta$ (в процентах от критического демпфирования), %	
	Пролет $L < 20$ м	Пролет $L \geq 20$ м
Сталь и композиты	$\zeta = 0,5 + 0,125 \cdot (20 - L)$	$\zeta = 0,5$
Предварительно напряженный бетон	$\zeta = 1,0 + 0,07 \cdot (20 - L)$	$\zeta = 1,0$
Балка с наполнителем и железобетон	$\zeta = 1,5 + 0,07 \cdot (20 - L)$	$\zeta = 1,5$

*Примечание* — Могут использоваться альтернативные безопасные значения на нижнем пределе, подлежащие согласованию с соответствующей властью, определенные в национальном приложении.

#### 6.4.6.3.2 Масса моста

(1) Максимальное воздействие динамической нагрузки, как правило, возникает на резонансных пиках, когда совпадают кратные величины частоты нагрузки и собственной частоты конструкции, причем любая недооценка массы приводит к завышению собственной частоты конструкции и завышению транспортных скоростей, на которых происходит резонанс.

В резонансе максимальное ускорение конструкции обратно пропорционально массе конструкции.

(2)Р Следует рассматривать два отдельных случая для массы конструкции, включая балласт и рельсовый путь:

— нижняя предельная масса для оценки максимального ускорения пролетного строения, с использованием минимально возможной плотности в сухом чистом состоянии и минимальной толщины балласта;

— верхняя предельная масса для прогнозирования самых низких скоростей, при которых, вероятно, будут происходить резонансные эффекты, с использованием

максимально возможной плотности грязного мокрого балласта с допуском для будущих подъемов рельсовых путей.

*Примечание* — Минимальная плотность балласта может быть принята равной  $1700 \text{ кг/м}^3$ . Альтернативные значения могут быть определены в проектной документации.

(3) При отсутствии определенных данных испытаний значения плотности материалов должны быть приняты по EN 1991-1-1.

*Примечание* — Вследствие большого количества параметров, которые могут влиять на плотность бетона, невозможно с достаточной точностью прогнозировать увеличение значений плотности для оценки динамической характеристики моста. Могут использоваться альтернативные значения плотности, когда результаты подтверждены испытаниями смесей и испытаниями образцов, взятых на месте в соответствии с EN 1990, EN 1992 и ISO 6784, при согласовании с соответствующей властью, определенной в национальном приложении.

#### **6.4.6.3.3 Жесткость моста**

(1) Максимальное воздействие динамической нагрузки, как правило, происходит на резонансных пиках, когда совпадают значения, кратные частоте нагрузки и собственной частоте конструкции. Любая переоценка жесткости моста приводит к завышению собственной частоты конструкции и скорости, на которой происходит резонанс.

(2)P Для всей конструкции должна использоваться нижняя предельная оценка жесткости.

(3) Жесткость конструкции в целом, включая определение жесткости элементов конструкции, может быть оценена в соответствии с EN 1992 – EN 1994.

Значения модуля Юнга (модуль упругости) могут быть приняты по EN 1992 – EN 1994.

При прочности бетонного цилиндра при сжатии  $f_{ck} \geq 50 \text{ Н/мм}^2$  (прочность куба при сжатии  $f_{ck, \text{cube}} \geq 60 \text{ Н/мм}^2$ ) значение статического модуля Юнга ( $E_{cm}$ ) должно быть ограничено значением, соответствующим прочности бетона  $f_{ck} = 50 \text{ Н/мм}^2$  ( $f_{ck, \text{cube}} = 60 \text{ Н/мм}^2$ ).

*Примечание 1* — Вследствие большого количества параметров, которые могут воздействовать на  $E_{cm}$ , невозможно с достаточной точностью прогнозировать увеличение значений модуля Юнга для оценки динамической характеристики моста. Увеличенные значения  $E_{cm}$  могут использоваться, когда результаты подтверждены испытаниями смесей и испытаниями образцов, взятых на месте в соответствии с EN 1990, EN 1992 и ISO 6784, при согласовании с соответствующей властью, определенной в национальном приложении.

*Примечание 2* — Другие свойства материалов могут использоваться в соответствии с соглашением с соответствующей властью, определенной в национальном приложении.

#### **6.4.6.4 Моделирование возбуждения и динамического поведения конструкции**

(1) Динамическое воздействие реального поезда может быть представлено набором сосредоточенных сил с перемещающейся точкой приложения. Можно пренебречь эффектами взаимодействия транспортного средства и конструкции.

При расчете должны быть учтены вариации осевых сил по всей длине поезда и вариации интервалов для отдельных осей или групп осей.

(2) Как правило, методика расчета должна учитывать следующие динамические характеристики конструкции:



- близость соседних частот и соответствующие формы колебаний — для сложных конструкций;
- взаимодействие между изгибающими и крутильными формами;
- поведение отдельных элемента пролетного строения (мостовое полотно незначительной толщины и поперечные балки мостов или ферм с ездой посередине и т. д.);
- асимметричное поведение плит и т. д.

(3) Представление каждой оси одиночной сосредоточенной силой приводит к переоценке динамических эффектов для длины нагрузки менее 10 м. В таких случаях могут быть учтены результаты расчета распределения нагрузки от рельсов, шпал и балласта.

Несмотря на указания 6.3.6.2(1), отдельные осевые нагрузки не должны быть равномерно распределены в продольном направлении при расчетах на динамическую нагрузку.

(4) Для пролетов менее 30 м эффекты динамического взаимодействия массы транспортного средства и моста имеют тенденцию понижать пиковый отклик в резонансе. Влияние этих эффектов может быть учтено за счет:

- выполнения динамического расчета взаимодействия транспортного средства/конструкции.

*Примечание* — Используемый метод должен быть согласован с соответствующей властью, определенной в национальном приложении;

- увеличения значения демпфирования, используемого для конструкции согласно рисунку 6.15.

Для неразрезных балок должно использоваться наименьшее для всех пролетов значение  $\Delta\zeta$ , %. Полное, подлежащее использованию демпфирование задается выражением

$$\zeta_{TOTAL} = \zeta + \Delta\zeta, \quad (6.12)$$

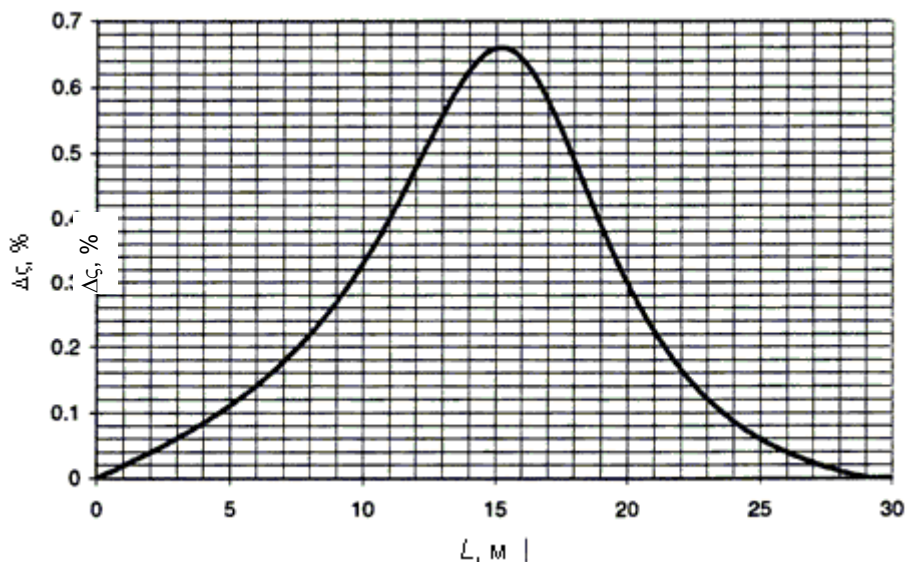


Рисунок 6.15 — Дополнительное демпфирование  $\Delta\zeta$ , %, как функция длины пролета  $L$ , м

где 
$$\Delta\zeta = \frac{0,0187L - 0,00064L^2}{1 - 0,0441L - 0,0044L^2 + 0,000255L^3}, \quad (6.13)$$

здесь  $\zeta$  — нижнее предельное значение в процентах от критического демпфирования, %, определенное в 6.4.6.3.1.

*Примечание* — Национальное приложение может устанавливать альтернативные значения.

(5) Увеличение рассчитанного влияния динамической нагрузки (напряжения, прогибов, ускорение пролета моста и т. д.), вызванного дефектами рельсовых путей и недостатками транспортного средства, может быть оценено путем умножения результатов расчета на коэффициент:

$(1 + (\varphi''/2))$  — для тщательно обслуживаемого рельсового пути;

$(1 + \varphi'')$  — для рельсового пути со стандартным текущим содержанием,

где  $\varphi''$  оценивается в соответствии с приложением С и не должно приниматься менее 0.

*Примечание* — Национальное приложение может определять нужный коэффициент.

(6) Если мост удовлетворяет верхнему предельному значению на рисунке 6.10, то можно полагать, что идентифицированные в 6.4.2 факторы vii – xi, влияющие на динамическое поведение, учтены в величинах  $\Phi$ ,  $\varphi''/2$  и  $\varphi''$ , приведенных в 6.4 и в приложении С.

#### 6.4.6.5 Проверки предельных состояний

(1)Р Чтобы гарантировать безопасность железнодорожного движения необходимо:

— проверку максимального пикового ускорения пролета рассматривать как требование безопасности железнодорожного движения; проверяется для второго предельного состояния (эксплуатационной пригодности) для предотвращения неустойчивости рельсовых путей;

— динамическая добавка влияния нагрузки должна быть учтена путем умножения статической нагрузки на динамический коэффициент  $\Phi$ , определенный в 6.4.5. Если необходим расчет на динамическую нагрузку, то результаты расчетов на динамическую нагрузку должны быть сопоставлены с результатами статического анализа, умноженными на коэффициент  $\Phi$  (и, если это необходимо, умноженными на коэффициент  $\alpha$  в соответствии с 6.3.2), причем должны использоваться самые неблагоприятные результаты расчета;

— если необходим расчет на динамическую нагрузку, то должна быть выполнена проверка согласно 6.4.6.6, чтобы установить, перекрывается ли дополнительная нагрузка на выносливость при высоких скоростях и в резонансе с рассмотрением напряжений, обусловленных результатами расчета типа ( $\Phi \times$  модель нагрузки LM71) и, если требуется, типа ( $\Phi \times$  модель нагрузки SW/0) — для неразрезных конструкций и классифицированной вертикальной нагрузки в соответствии с 6.3.2(3), если это требуется. В проекте должно использоваться самое неблагоприятное нагружение для расчета на выносливость.

(2)Р Максимально разрешенные пиковые расчетные значения ускорения пролетного строения, вычисленные вдоль линии рельсового пути, не должны превосходить рекомендуемые значения, приведенные в приложении А.2 EN 1990 (см. А.2.4.4.2.1).

(3) Расчет на динамическую нагрузку (если он необходим) должен использоваться для определения следующей динамической добавки по формуле

$$\varphi'_{\text{dyn}} = \max |y_{\text{dyn}} / y_{\text{stat}}| - 1, \quad (6.14)$$

где  $y_{\text{dyn}}$  — максимальный динамический отклик;  
 $y_{\text{stat}}$  — соответствующий максимальный статический отклик в любой точке элемента конструкции, вызванный реальным поездом или моделью нагрузки HSLM.

При расчете моста при учете всех вариантов воздействия вертикальных нагрузок от транспортных средств, должна быть использована самая неблагоприятная из величин:

$$(1 + \varphi'_{\text{dyn}} + \varphi''/2) \times \begin{pmatrix} \text{HSLM} \\ \text{или} \\ \text{RT} \end{pmatrix} \quad (6.15)$$

или

$$\Phi \times (\text{LM71 «+» SW/0}), \quad (6.16)$$

где HSLM — модель нагрузки для высокоскоростных линий, определенная в 6.4.6.1.1(2), (LM71 «+» SW/0) является моделью нагрузки 71 и, если это обосновано, моделью нагрузки SW/0 для неразрезных мостов (или для классифицированной вертикальной нагрузки в соответствии с 6.3.2 (3), если это требуется);

RT — нагрузки, вызванные всеми реальными поездами, определенными в 6.4.6.1.1;

$\varphi''/2$  — увеличение расчетных результатов для динамической нагрузки (напряжения, прогибы, ускорение пролета моста и т. д.), вызванной дефектами рельсовых путей и недостатками транспортного средства в соответствии с приложением С для тщательно обслуживаемого рельсового пути (величина  $\varphi''$  должна использоваться для рельсовых путей со стандартным обслуживанием);

$\Phi$  — динамический коэффициент в соответствии с 6.4.5.

#### 6.4.6.6 Дополнительная проверка на выносливость, если требуется расчет на динамическую нагрузку

(1)Р При проверке выносливости конструкции следует учитывать диапазон напряжений, определяемый в элементах конструкции, колеблющимися выше и ниже соответствующих перемещений при постоянной нагрузке вследствие:

- дополнительных свободных колебаний, вызываемых ударными воздействиями от осевых нагрузок, перемещающихся с высокой скоростью;
- величины воздействия динамической временной нагрузки в резонансе;
- дополнительных циклов напряжения, вызванных динамической нагрузкой в резонансе.

(2)Р Если часто встречающаяся эксплуатационная скорость реального поезда близка к резонансной скорости, то при расчете следует учитывать дополнительную нагрузку по выносливости, обусловленную резонансными эффектами.

*Примечание* — Проектная документация может определять нагрузку для расчета выносливости, например, описывать подробности, указывать ежегодный тоннаж и то сочетание реальных поездов с часто встречающимися эксплуатационными скоростями в данном месте, которое должно учитываться при расчете.

(3) Если мост проектируется в рамках модели нагрузки HSLM в соответствии с 6.4.6.1.1(2), то усталостное нагружение должно быть определено при использовании оценки текущего и будущего транспортного потока.

*Примечание* — Проектная документация может определять нагрузку для расчета на выносливость, например, описывать подробности, указывать ежегодный тоннаж и то сочетание реальных поездов с часто встречающимися эксплуатационными скоростями в данном месте, которое должно быть учтено при расчете.

(4) Для конструкций, которые удовлетворяют приложению F, резонансная скорость может быть оценена с помощью уравнений (6.9) и (6.10).

(5) При проверке на выносливость следует рассматривать набор скоростей включительно до максимальной номинальной скорости.

*Примечание* — Рекомендуется, чтобы проектная документация определяла увеличенную максимальную номинальную скорость в данном месте, чтобы учесть потенциальные изменения инфраструктуры и будущего подвижного состава.

## 6.5 Горизонтальные силы — нормативные значения

### 6.5.1 Центробежные силы

(1)P Если рельсовый путь на мосту искривлен по всей длине моста или на некоторой его части, должны быть учтены центробежная сила и наклон виража рельсовых путей.

(2) Центробежные силы должны быть приняты такими, чтобы они действовали в горизонтальном направлении на высоте 1,80 м над контактной поверхностью рельса (см. рисунок 1.1). Для некоторых типов транспортных средств, например для двухштабельных контейнеров, должно быть определено увеличенное значение  $h_t$ .

*Примечание* — Национальное приложение или проектная документация может устанавливать увеличенное значение  $h_t$ .

(3)P Центробежная сила должна всегда сочетаться с вертикальной нагрузкой от транспортных средств. Центробежная сила не должна умножаться на динамический коэффициент  $\Phi_2$  или  $\Phi_3$ .

*Примечание* — При рассмотрении вертикального воздействия центробежной нагрузки, эффект вертикальной нагрузки от центробежной силы падает с уменьшением наклона виража. Эффект от вертикальной составляющей центробежной нагрузки увеличивается за счет умножения на соответствующий динамический коэффициент.

(4)P Нормативное значение центробежной силы должно быть определено при помощи следующих уравнений:

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g \times r} (f \times Q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} (f \times Q_{vk}), \quad (6.17)$$

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g \times r} (f \times q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} (f \times q_{vk}), \quad (6.18)$$

где  $Q_{tk}$ ,  $q_{tk}$  — нормативные значения центробежных сил, кН, кН/м;  
 $Q_{vk}$ ,  $q_{vk}$  — нормативные значения вертикальных нагрузок, определенных в 6.3 (исключая любую добавку, вызванную динамическими эффектами) для моделей нагрузки 71, SW/0, SW/2 и «ненагруженный поезд». Для модели нагрузки HSLM нормативное значение центробежной силы должно быть определено с использованием модели нагрузки 71;

- $f$  — понижающий коэффициент (см. (8));
- $v$  — предельная скорость в соответствии с 6.5.1 (5), м/с;
- $V$  — предельная скорость в соответствии с 6.5.1 (5), км/ч;
- $g$  — ускорение свободного падения 9,81 м/с<sup>2</sup>;
- $r$  — радиус кривизны, м.

В случае кривой переменного радиуса для значения  $r$  могут быть приняты соответствующие средние значения.

(5)P Расчеты должны быть основаны на определенной максимальной линейной скорости в данном месте. В случае модели нагрузки SW/2 может быть принята альтернативная максимальная скорость.

*Примечание 1* — Проектная документация может устанавливать данные требования.

*Примечание 2* — Для модели SW/2 может использоваться предельная скорость 80 км/ч.

*Примечание 3* — Рекомендуется, чтобы проектная документация определяла увеличенную максимальную линейную скорость в данном месте, чтобы учесть потенциальные изменения инфраструктуры и будущий подвижной состав.

(6)P Кроме того, для мостов, расположенных на кривой, случай нагрузки, определенный в 6.3.2 и, если это применимо, в 6.3.3, следует также рассматривать без центробежной силы.

(7) Для модели нагрузки 71 (и, если это требуется, для модели нагрузки SW/0) и максимальной линейной скорости в данном месте, превышающей 120 км/ч, следует рассматривать следующие случаи:

а) модель нагрузки 71 (и, если это требуется, модель нагрузки SW/0) с ее динамическим коэффициентом и центробежной силой для  $V = 120$  км/ч согласно уравнениям (6.17) и (6.18) с  $f = 1$ ;

б) модель нагрузки 71 (и, если это требуется, модель нагрузки SW/0) с ее динамическим коэффициентом и центробежной силой согласно уравнениям (6.17) и (6.18) для предельной скорости  $V$ , определенной при значении коэффициента уменьшения  $f$ , определенном в 6.5.1 (8).

(8) Для модели нагрузки 71 (и, если это требуется, для модели нагрузки SW/0) понижающий коэффициент  $f$  задается выражением

$$f = \left[ 1 - \frac{V - 120}{1000} \cdot \left( \frac{814}{V} + 1,75 \right) \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{2,88}{L_f}} \right) \right] \quad (6.19)$$

при минимальном значении 0,35,

где  $L_f$  — длина нагруженной части искривленного рельсового пути на мосту, которая является самой неблагоприятной при расчете рассматриваемого элемента конструкции, м;

$V$  — предельная скорость, км/ч, в соответствии с 6.5.1 (5);

$f = 1$  или для  $V \leq 120$  или для  $L_f \leq 2,88$ ;

$f < 1$  для  $120 < V \leq 300$ ;

(см. таблицу 6.7, или рисунок 6.16, или уравнение (6.19)),

$f_{(V)} = f_{(300)}$  для  $V > 300$ .

} и  $L_f > 2,88$

Для моделей нагрузки SW/2 и «ненагруженный поезд» значение коэффициента уменьшения  $f$  должно быть принято равным 1,0.

Таблица 6.7 — Коэффициент  $f$  для моделей нагрузки 71 и SW/0

$L_f$ , м	Предельная скорость в соответствии с 6.5.1(5), км/ч				
	$\leq 120$	160	200	250	$\geq 300$
$\leq 2,88$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	1,00	0,99	0,99	0,99	0,98
4	1,00	0,96	0,93	0,90	0,88
5	1,00	0,93	0,89	0,84	0,81
6	1,00	0,92	0,86	0,80	0,75
7	1,00	0,90	0,83	0,77	0,71
8	1,00	0,89	0,81	0,74	0,68
9	1,00	0,88	0,80	0,72	0,65
10	1,00	0,87	0,78	0,70	0,63
12	1,00	0,86	0,76	0,67	0,59
15	1,00	0,85	0,74	0,63	0,55
20	1,00	0,83	0,71	0,60	0,50
30	1,00	0,81	0,68	0,55	0,45
40	1,00	0,80	0,66	0,52	0,41
50	1,00	0,79	0,65	0,50	0,39
60	1,00	0,79	0,64	0,49	0,37
70	1,00	0,78	0,63	0,48	0,36
80	1,00	0,78	0,62	0,47	0,35
90	1,00	0,78	0,62	0,47	0,35
100	1,00	0,77	0,61	0,46	0,35
$\geq 150$	1,00	0,76	0,60	0,44	0,35

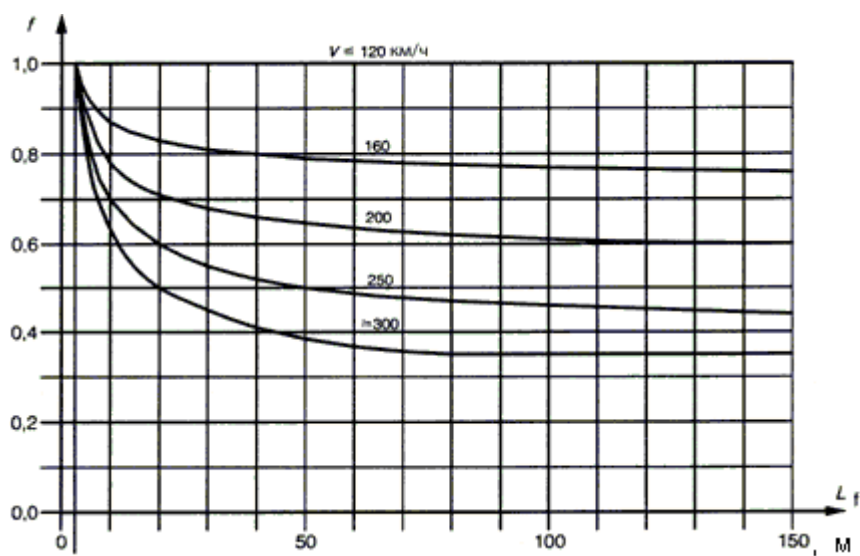


Рисунок 6.16 — Коэффициент  $f$  для моделей нагрузки 71 и SW/0

(9) Для моделей LM71 и SW/0 центробежные силы должны быть определены из уравнений (6.17) и (6.18) с использованием классифицированных вертикальных нагрузок (см. 6.3.2(3)) в соответствии со случаями нагрузки, приведенными в таблице 6.8.

**Таблица 6.8 — Случаи нагрузки для центробежной силы, соответствующей значениям  $\alpha$  и максимальной линейной скорости в данном месте**

Значение $\alpha$	Максимальная линейная скорость на данном участке, км/ч	Центробежная сила, основанная на: <sup>2)</sup>			Соответствующая вертикальная нагрузка от временной нагрузки, основанная на <sup>1)</sup> :	
		$V$ , км/ч	$\alpha$ <sup>3)</sup>	$f$		
<1	>120	$V$	$1$ <sup>3)</sup>	$f$	$1$ <sup>3)</sup> x $f_x$ (LM71 «+» SW/0) для случая 6.5.1 (7) <sup>2)</sup>	$\Phi$ x $\alpha$ x $1x$ (LM71 «+» SW/0)
		120	$\alpha$	1	$\alpha$ x $1x$ (LM71 «+» SW/0) для случая 6.5.1 (7) <sup>1)</sup>	$\Phi$ x $\alpha$ x $1x$ (LM71 «+» SW/0)
		0	—	—	—	
<1	$\leq 120$	$V$	$\alpha$	1	$\alpha$ x $1x$ (LM71 «+» SW/0)	
		0	—	—	—	
$\alpha = 1$	>120	$V$	1	$f$	$1$ x $f_x$ (LM71 «+» SW/0) для случая 6.5.1 (7) <sup>2)</sup>	$\Phi$ x $1x$ x $1x$ (LM71 «+» SW/0)
		120	1	1	$1$ x $1x$ (LM71 «+» SW/0) для случая 6.5.1 (7) <sup>1)</sup>	$\Phi$ x $1x$ x $1x$ (LM71 «+» SW/0)
		0	—	—	—	
	$\leq 120$	$V$	1	1	$1$ x $1x$ (LM71 «+» SW/0)	
		0	—	—	—	
$\alpha > 1$	>120 <sup>b)</sup>	$V$	1	$f$	$1$ x $f_x$ (LM71 «+» SW/0) для случая 6.5.1 (7) <sup>2)</sup>	$\Phi$ x $1x$ x $1x$ (LM71 «+» SW/0)
		120	$\alpha$	1	$\alpha$ x $1x$ (LM71 «+» SW/0) для случая 6.5.1 (7) <sup>1)</sup>	$\Phi$ x $\alpha$ x $1x$ (LM71 «+» SW/0)
		0	—	—	—	
	$\leq 120$	$V$	$\alpha$	1	$\alpha$ x $1x$ (LM71 «+» SW/0)	
		0	—	—	—	

<sup>1)</sup> 0,5 x (LM71 «+» SW/0) вместо (LM71 «+» SW/0), где вертикальные транспортные нагрузки благоприятны.  
<sup>2)</sup> Применимо при перевозке тяжелых грузов с ограниченной предельной скоростью 120 км/ч.  
<sup>3)</sup>  $\alpha = 1$ , чтобы избежать двойного учета уменьшения массы поезда с  $f$ .  
<sup>4)</sup> См. 6.5.1(3) относительно вертикального воздействия центробежной нагрузки. Влияние вертикальной составляющей центробежной нагрузки уменьшается с понижением наклона виража. Вертикальная составляющая центробежной нагрузки должна быть увеличена путем умножения на соответствующий динамический коэффициент. При определении вертикального воздействия центробежной силы множитель  $f$  должен быть учтен так, как показано выше.

В таблице обозначено:

$V$  — максимальная скорость в соответствии с 6.5.1(5), км/ч;

$f$  — понижающий коэффициент в соответствии с 6.5.1(8);  
 $\alpha$  — коэффициент для классифицированных вертикальных нагрузок в соответствии с 6.3.2(3).

LM71 «+» SW/0 — модель нагрузки 71 и, если это обосновано, модель нагрузки SW/0 для неразрезных мостов.

(10) Критерии, описанные в 6.5.1(5) и в 6.5.1(7) – 6.5.1(9), не применимы к перевозке тяжелых грузов с максимальной разрешенной скоростью транспортного средства, превышающей 120 км/ч. Для перевозки тяжелых грузов со скоростью, превышающей 120 км/ч, должны быть сформулированы дополнительные требования.

*Примечание* — Проектная документация может определять дополнительные требования.

### 6.5.2 Сила бокового давления колес

(1)Р Сила бокового давления колес должна быть принята как сосредоточенная сила, действующая горизонтально, в верхней части рельсов, перпендикулярно к центральной осевой линии рельсового пути. Она должна быть приложена как на прямолинейных, так и на криволинейных рельсовых путях.

(2)Р Нормативное значение силы бокового давления колес должно быть принято равным  $Q_{sk} = 100$  кН. Это значение не должно умножаться на коэффициент  $\Phi$  (см. 6.4.5) или на коэффициент  $f$  по 6.5.1(4).

(3) Нормативное значение силы бокового давления колес в соответствии с 6.5.2(2) должно быть умножено на коэффициент  $\alpha$  в соответствии с 6.3.2(3) для значений  $\alpha \geq 1$ .

(4)Р Сила бокового давления колес всегда должна сочетаться с вертикальной нагрузкой от транспортных средств.

### 6.5.3 Воздействия, возникающие вследствие тяги и торможения

(1)Р Тяговые усилия и тормозные силы действуют в верхней части рельсов в продольном направлении рельсового пути. Их следует рассматривать как равномерно распределенные по соответствующей длине линии влияния  $L_{a,b}$  для рассматриваемого элемента конструкции. При определении направления тяговых усилий и тормозных сил следует учитывать разрешенное направление передвижения по каждому рельсовому пути.

(2)Р Нормативные значения тяговых усилий и тормозных сил должны быть приняты следующим образом:

тяговое усилие:  $Q_{lak} = 33, \text{ кН/м} \cdot L_{a,b}, \text{ м} \leq 1000, \text{ кН}$  — для моделей нагрузки 71, SW/0, SW/2 и HSLM; (6.20)

сила торможения:  $Q_{lbk} = 20, \text{ кН/м} \cdot L_{a,b}, \text{ м} \leq 6000, \text{ кН}$  — для моделей нагрузки 71, SW/0 и HSLM. (6.21)

$Q_{lbk} = 35, \text{ кН/м} \cdot L_{a,b}, \text{ м}$ , — для модели нагрузки SW/2. (6.22)

Нормативные значения тяговых усилий и тормозных сил не должны умножаться на коэффициент  $\Phi$  (см. 6.4.5.2) или коэффициент  $f$  по 6.5.1(6).

*Примечание 1* — В рамках моделей нагрузки SW/0 и SW/2 тяговые усилия и тормозные силы должны применяться только к тем частям конструкции, которые загружаются согласно рисунку 6.2 и таблице 6.1.

*Примечание 2* — Тягой и торможением можно пренебречь для модели нагрузки «ненагруженный поезд».



(3) Эти нормативные значения применимы ко всем типам конструкции рельсового пути, например к неразрезным сварным рельсам или к рельсам с соединительными деталями, с устройствами компенсации расширения или без них.

(4) Вышеуказанные тяговые усилия и тормозные силы для моделей нагрузки 71 и SW/0 должны быть умножены на коэффициент  $\alpha$  в соответствии с требованиями 6.3.2(3).

(5) Для длины нагрузки, превышающей 300 м, должны быть сформулированы дополнительные требования для учета влияния торможения.

*Примечание* — Национальное приложение или проектная документация могут определять дополнительные требования.

(6) Для линий со специальным транспортным потоком (например, предназначенных для высокоскоростных пассажирских перевозок) тяговые усилия и тормозные силы могут быть приняты равными 25 % от суммы осевых нагрузок (реальный поезд), приложенных к длине линии влияния рассматриваемого элемента конструкции, с максимальным значением 1000 кН для  $Q_{lak}$  и 6000 кН для  $Q_{lbk}$ . Могут быть определены линии, несущие специальный транспортный поток, и связанные с ними дополнительные сведения о нагрузке.

*Примечание 1* — Проектная документация может устанавливать необходимые требования.

*Примечание 2* — Если, в соответствии с вышеуказанным, проектная документация определяет пониженную тяговую и тормозную нагрузку, указанная нагрузка должна учитывать другие виды транспортного потока, разрешенные для использования на линии, например, поезда для обслуживания железнодорожных путей и т. д.

(7)Р Тяговые усилия и тормозные силы должны сочетаться с соответствующими вертикальными нагрузками.

(8) Если рельсовый путь непрерывен на одном или на обоих концах моста, то только часть тягового усилия или силы торможения передается через пролет на опорную часть пролетного строения, причем оставшаяся часть силы передается через рельсовый путь, где он несет нагрузку позади устоев. Часть силы, передаваемой через пролетное строение на опорную часть, должна быть определена при учете суммарной реакции конструкции и рельсовых путей в соответствии с 6.5.4.

(9)Р В случае, если мост несет два или более рельсовых путей, тормозные силы на одном рельсовом пути следует рассматривать вместе с тяговыми усилиями на другом рельсовом пути.

Если два или более рельсовых путей имеют одинаковое разрешенное направление движения, то должны быть учтены или тяговые усилия на двух рельсовых путях, или тормозные силы на двух рельсовых путях.

*Примечание* — Для мостов, несущих два или более рельсовых путей с одинаковым разрешенным направлением движения, национальное приложение может определить альтернативные требования для приложения тяговых усилий и тормозных сил.

#### **6.5.4 Суммарная реакция конструкции и рельсовых путей на временные нагрузки**

##### **6.5.4.1 Общие правила**

(1) Если рельсы непрерывны над разрывами на опоре (например, между конструкцией моста и насыпью), то конструкция моста (пролетное строение, опорная часть пролетного строения и опоры) и рельсовый путь (рельсы, балласт и т. д.), совместно сопротивляются продольным воздействиям, возникающим вследствие тяги или

торможения. Эти продольные воздействия частично передаются рельсами на насыпь позади устоя и частично опорной частью пролетного строения и опорами передаются на основания.

*Примечание* — Указания для насыпи, приведенные в 6.5.4 могут также относиться к земляному полотну или грунту ниже рельсовых путей на подходах к мосту, независимо от того, лежит ли рельсовый путь на насыпи, на ровной горизонтальной площадке или в выемке.

(2) Если неразрезные рельсы ограничивают свободное перемещение пролета моста, то деформации пролетного строения моста (например, вызванные изменениями температуры, вертикальной нагрузкой, ползучестью и усадкой) вызывают продольные силы в рельсах и в неподвижных опорных частях пролетного строения моста.

(3) Р Силы, возникающие при суммарной реакции конструкции и рельсовых путей на переменные нагрузки, следует учитывать при расчете пролетных строений моста, неподвижных опорных частей пролетного строения, опор и для того, чтобы проверить результаты расчета нагрузки в рельсе.

(4) Требования 6.5.4 действительны для обычного балластированного рельсового пути.

(5) Должны быть определены требования для безбалластных рельсовых путей.

*Примечание* — Требования для безбалластных рельсовых путей могут быть определены в национальном приложении или в проектной документации.

#### 6.5.4.2 Параметры, влияющие на суммарную реакцию конструкции и рельсового пути

(1) Р Параметры, влияющие на результирующее поведение конструкции и рельсовых путей, которые должны быть учтены при расчете:

- а) конфигурация конструкции:
- свободно опертая балка, неразрезные балки или система балок;
  - количество отдельных температурно-неразрезных секций и длина каждой секции;
  - количество пролетов и длина каждого пролета;
  - положение неподвижных опорных частей пролетного строения;
  - положение неподвижной тепловой точки;
  - длина температурной плети  $L_T$  между неподвижной тепловой точкой и концом пролетного строения;

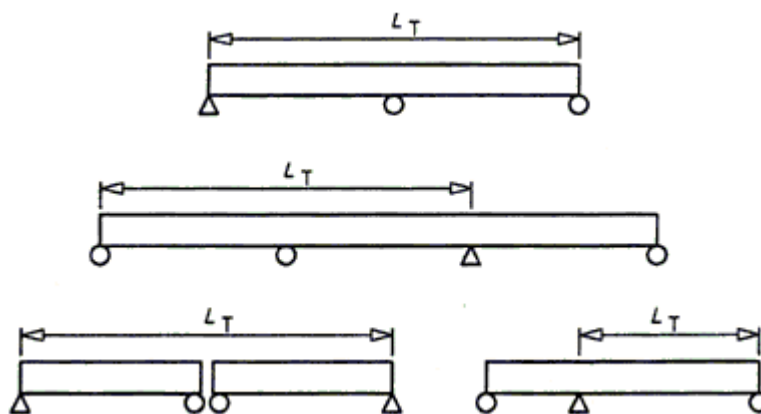


Рисунок 6.17 — Примеры длины температурной плети  $L_T$

- b) конструкция верхнего строения пути:
- системы рельсовых путей с балластировкой или без нее;
  - вертикальное расстояние между верхней поверхностью пролетного строения и нейтральной осью рельсов;
  - расположение устройств компенсации удлинения рельсов;

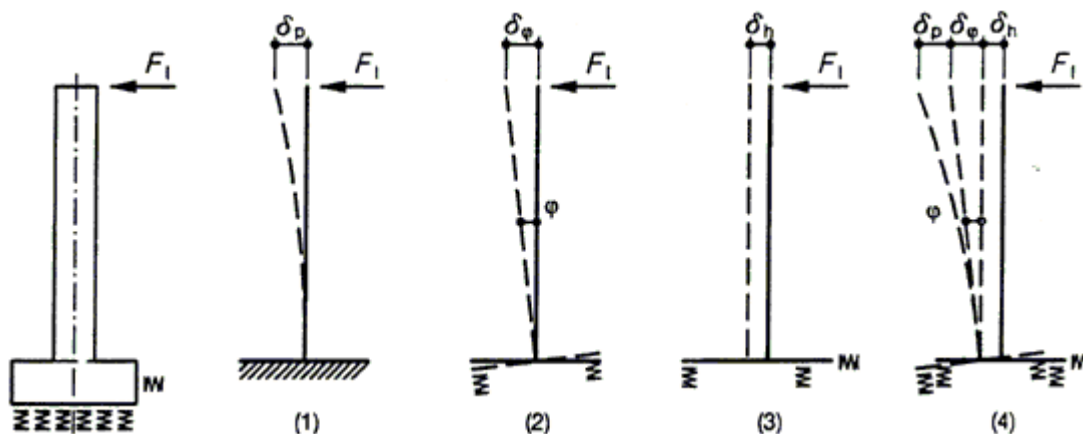
*Примечание* — Проектная документация может определять требования относительно расположения устройств компенсации удлинения рельсов, устанавливающие гарантию эффективности таких устройств и в то же время гарантирующие, что на устройства компенсации удлинения рельсов не будут неблагоприятно воздействовать изгибные напряжения в рельсе вследствие непосредственной близости к торцу пролетного строения моста и т. д.

- с) свойства конструкции:
- вертикальная жесткость пролетного строения;
  - вертикальное расстояние между нейтральной осью пролетного строения и верхней поверхностью пролетного строения;
  - вертикальное расстояние между нейтральной осью пролетного строения и центром вращения опорной части;
  - конструкция опорных частей пролетного строения, реализующая продольное смещение конца пролета вследствие угла поворота пролета;
  - продольная жесткость конструкции, определенная как полная жесткость, которая может быть использована опорой моста против воздействий в продольном направлении рельсовых путей, если учитывать жесткость опорной части пролетного строения, опор и оснований.

Например, полная продольная жесткость промежуточной опоры определяется по формуле

$$K = \frac{F_1}{(\delta_p + \delta_\varphi + \delta_n)} \quad (6.23)$$

для случая, представленного ниже в качестве примера.



(1) — изгиб промежуточной опоры; (2) — вращение основания;  
 (3) — смещение основания; (4) — полное смещение верха промежуточной опоры

**Рисунок 6.18 — Пример определения эквивалентной продольной жесткости на опорных частях пролетного строения**

d) свойства рельсовых путей:  
 — осевая жесткость рельсов;  
 — сопротивление рельсовых путей или рельсов против продольного смещения, заключающегося в:  
 — сопротивлении против смещения рельсовых путей (рельсов и шпал) в балласте относительно обратной стороны балласта или  
 — сопротивлении против смещения рельсов по отношению к рельсовым креплениям и основаниям, например, при замерзшем балласте или при непосредственно закрепленных рельсах, где сопротивление смещению равно силе на единицу длины рельсовых путей, которая действует против смещения как функция относительного смещения между рельсами и плитой проезжей части или насыпью.

### 6.5.4.3 Воздействия, которые следует учитывать

(1)Р Следует учитывать следующие воздействия:  
 — тяговые усилия и тормозные силы, определенные в 6.5.3;  
 — тепловые воздействия на всю систему конструкции и рельсовых путей;  
 — классифицированные вертикальные нагрузки от транспортных средств, включая модели SW/0 и SW/2, где требуется.

Соответствующими динамическими составляющими можно пренебречь.

*Примечание* — Можно пренебречь суммарной реакцией конструкции и рельсовых путей на модель «ненагруженный поезд» и модель нагрузки HSLM.

Другие воздействия, такие как ползучесть, усадка, температурный перепад и т. д., следует учитывать, как правило, для определения кручения и соответствующего продольного смещения торцов пролетов.

(2) Колебания температуры в конструкции моста должны быть учтены как  $\Delta T_H$  (см. EN 1991-1-5), причем  $\gamma$  и  $\psi$  должны быть равными 1,0.

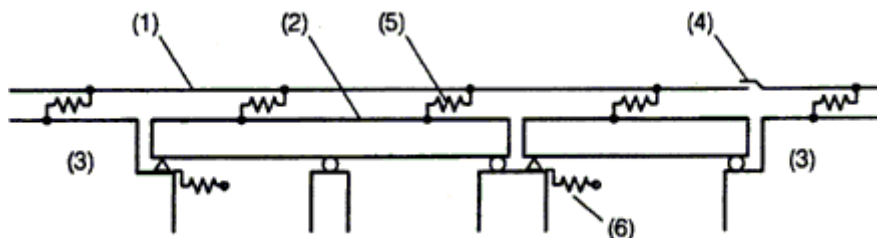
*Примечание 1* — Национальное приложение может определять альтернативные значения  $\Delta T_H$ . Рекомендуются значения, приведенные в EN 1991-1-5.

*Примечание 2* — Для упрощенных вычислений колебания температуры пролетного строения могут быть приняты равными  $\Delta T_N = \pm 35$  К. Другие значения могут быть определены в национальном приложении или в проектной документации.

(3) При определении суммарной реакции рельсовых путей и конструкции от тяговых усилий и тормозных сил, эти тяговые усилия и тормозные силы не должны прикладываться к соседней насыпи, за исключением тех случаев когда полный расчет выявляет самые неблагоприятные воздействия при подъезде железнодорожного транспорта к мосту, прохождении по мосту и отъезде от моста по примыкающим к мосту насыпям.

#### 6.5.4.4 Моделирование и расчет для комбинированной системы рельсовых путей/конструкции

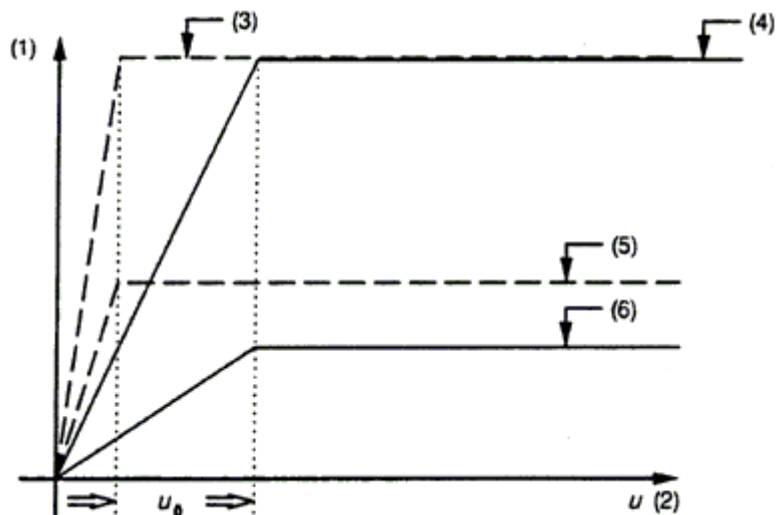
(1) Для определения влияния нагрузки на комбинированную систему рельсовых путей/конструкции может использоваться модель, приведенная на рисунке 6.19.



- (1) — рельсовый путь; (2) — пролетное строение (одно пролетное строение, включающее два пролета, и одно пролетное строение с одним показанным пролетом); (3) — устой;
- (4) — устройство компенсации удлинения рельса (если оно есть); (5) — продольные нелинейные пружины, воспроизводящие зависимость смещения от продольной нагрузки для рельсовых путей;
- (6) — продольные пружины, воспроизводящие продольную жесткость  $K$  неподвижной опорной части по отношению к пролету при учете жесткости основания, промежуточных опор, опорной части пролетного строения и т. д.

**Рисунок 6.19 — Пример модели системы рельсовых путей/конструкции**

(2) Зависимость смещения рельсовых путей или рельсовых опор от продольной нагрузки может быть представлена графиком, показанным на рисунке 6.20, с начальным упругим сопротивлением сдвигу (смещение в кН/мм на метр рельсовых путей) и затем упругим сопротивлением сдвигу  $k$  (кН на метр рельсовых путей).



- (1) — сила продольного сдвига в рельсовом пути на единицу длины;  
 (2) — смещение рельса относительно вершины плиты проезда;  
 (3) — сопротивление рельсов в шпале (нагруженный рельсовый путь) (замороженный балласт или рельсовый путь без балласта с обычными крепежными деталями);  
 (4) — сопротивление шпалы в балласте (нагруженный рельсовый путь);  
 (5) — сопротивление рельсов в шпале (разгруженный рельсовый путь) (замороженный балласт или рельсовый путь без балласта с обычными крепежными деталями);  
 (6) — сопротивление шпалы в балласте (разгруженный рельсовый путь)

**Рисунок 6.20 — Изменение силы продольного сдвига с продольным смещением рельсового пути для одного рельсового пути**

*Примечание 1* — Значения продольного сопротивления, используемого для расчета жесткости рельсов/ балласта/моста, могут быть представлены в национальном приложении или согласованы с соответствующей властью, определенной в национальном приложении.

*Примечание 2* — Поведение, описанное на рисунке 6.20, действительно в большинстве случаев (но не для закладных рельсов без обычных крепежных деталей и т. д.).

(3)Р Если можно прогнозировать, что характеристики рельсовых путей могут изменяться в будущем, это должно быть учтено в расчетах в соответствии с указанными требованиями.

*Примечание* — Проектная документация может определять эти требования.

(4)Р Для расчета полной продольной опорной реакции  $F_L$  и для сравнения общего эквивалентного напряжения рельсов с допустимыми значениями, общее влияние определяется по формуле

$$F_L = \sum \psi_{0i} F_{li}, \quad (6.24)$$

где  $F_{li}$  — продольная опорная реакция, соответствующая воздействию  $i$ ;  
 $\psi_{0i}$  — для расчета влияния нагрузки в пролетном строении, опорной части пролетного строения и в опорах моста должны использоваться коэффициенты сочетания, определенные в EN 1990 (приложение A.2);

$\psi_{0i}$  — для расчета напряжений рельсов  $\psi_{0i}$  должно быть принято равным 1,0.

(5) При определении результата каждого воздействия должно быть принято во внимание нелинейное поведение жесткости рельсовых путей, показанное на рисунке 6.20.

(6) Продольные силы в рельсах и в опорной части пролетного строения, возникающие в результате каждого воздействия, могут сочетаться с использованием принципа линейной суперпозиции.

#### 6.5.4.5 Критерии расчета

*Примечание* — Альтернативные требования могут быть определены в национальном приложении.

##### 6.5.4.5.1 Рельсовый путь

(1) Для рельсов на мосту и на примыкающем устое допустимые дополнительные напряжения в рельсах, вызванные суммарной реакцией конструкции и рельсового пути на временные воздействия, должны быть ограничены следующими расчетными значениями:

- сжатие 72 Н/мм<sup>2</sup>;
- растяжение 92 Н/мм<sup>2</sup>.

(2) Предельные значения для напряжений в рельсах, установленные в 6.5.4.5.1(1), применяются для рельсовых путей, удовлетворяющих следующим требованиям:

- рельс марки UIC 60 с прочностью на растяжение равной 900 Н/мм<sup>2</sup>;
- прямой рельсовый путь или радиус рельсовых путей  $r \geq 1\,500$  м;

*Примечание* — Для балластированных рельсовых путей с дополнительными боковыми по отношению к рельсовому пути устройствами ограничения и для непосредственно закрепляемых рельсовых путей минимальное значение радиуса рельсовых путей можно уменьшить при согласовании с соответствующей властью, определенной в национальном приложении.

- для балластированных рельсовых путей с тяжелыми бетонными шпалами с максимальным интервалом 65 см или для эквивалентной конструкции рельсовых путей;
- для балластированных рельсовых путей с не менее 30 см уплотненного балласта под шпалами.

Если вышеуказанные требования не удовлетворены, то должны быть проведены специальные исследования или предприняты дополнительные меры.

*Примечание* — Для других стандартных конструкций рельсовых путей (в особенности тех, которые влияют на боковое сопротивление) и других типов рельсов рекомендуется, чтобы максимальные дополнительные напряжения в рельсах были определены в национальном приложении или в проектной документации.

##### 6.5.4.5.2 Предельные значения деформации конструкции

(1) Р Деформации  $\delta_B$ , мм, вызванные тяговыми усилиями и силами торможения, не должны превышать следующих значений:

- 5 мм — для длинных сварных рельсов без устройств компенсации удлинения рельсов или с устройством компенсации удлинения рельсов на одном конце пролетного строения;
- 30 мм — для устройств компенсации удлинения рельсов с обоих концов пролетного строения, если балласт непрерывен на концах пролетного строения;
- перемещения, превышающие 30 мм, должны быть разрешены только в том случае, когда балласт снабжен зазором перемещения и имеются устройства компенсации удлинения, где  $\delta_B$ , мм, равно:
  - относительно продольному смещению между концом пролетного строения и примыкающим устоем или
  - относительно продольному смещению между двумя следующими друг за другом пролетными строениями.

(2)Р Для вертикальных транспортных нагрузок (до двух рельсовых путей, нагруженных в рамках модели нагрузки LM 71 (и, если это требуется, модели SW/0) величина  $\delta_H$ , мм, не должна превышать следующих значений:

— 8 мм, когда учитывается суммарное поведение конструкции и рельсовых путей (применимо, если есть только одно устройство компенсации удлинения на пролетное строение или таких устройств нет вообще);

— 10 мм, когда суммарным поведением конструкции и рельсовых путей пренебрегают;

здесь  $\delta_H$ , мм, равно:

— продольному смещению (вследствие деформации пролетного строения) верхней поверхности плиты проезда на конце пролетного строения.

*Примечание* — Если превышены допустимые дополнительные напряжения в рельсе, определенные в 6.5.4.5.1(1), или превышено продольное смещение пролетного строения, определенное в 6.5.4.5.2(1) или 6.5.4.5.2(2), то следует изменить конструкцию или ввести устройства компенсации удлинения рельсов.

(3)Р Вертикальное смещение  $\delta_V$ , мм, верхней поверхности плиты проезда относительно примыкающей конструкции (устой или другое пролетное строение), вызванное временными воздействиями, не должно превышать следующие значения:

— 3 мм — для максимальной линейной скорости в данном месте, не превышающей 160 км/ч;

— 2 мм — для максимальной линейной скорости в данном месте, превышающей 160 км/ч.

(4)Р Для непосредственно закрепленных рельсов подъемные силы (под вертикальными нагрузками от транспортных средств), воздействующие на рельсовые опоры и системы крепления, должны быть сопоставимыми с соответствующими рабочими нормативными характеристиками в предельном состоянии (включая выносливость) для рельсовых опор и систем крепления.

#### 6.5.4.6 Методы расчетов

*Примечание* — Альтернативные методы расчетов могут быть определены в национальном приложении или в проектной документации.

(1) Следующие методы расчетов позволяют сравнить суммарную реакцию рельсовых путей и конструкции с расчетными критериями, определенными в 6.5.4.5. Для балластированных пролетных строений эти расчетные критерии могут быть сведены к следующему:

а) продольное относительное смещение на конце пролетного строения разделяется на два компонента, что позволяет провести сравнение с разрешенными величинами: компонент  $\delta_B$ , вызванный силами торможения и тяги, и компонент  $\delta_H$ , вызванный вертикальной деформацией пролета;

б) максимальные дополнительные напряжения в рельсе;

в) максимальное вертикальное относительное смещение на конце пролетного строения  $\delta_V$ .

Для непосредственно закрепленных пролетных строений требуется, в соответствии с 6.5.4.5.2(4), дополнительная проверка на подъемные силы.

(2) В 6.5.4.6.1 был описан упрощенный метод оценки суммарной реакции свободно опертой или неразрезной конструкции, состоящей из единственного пролетного строения моста, и рельсовых путей на временные воздействия для конструкций длиной  $L_T$  до 40 м.



(3) Для конструкций, которые не удовлетворяют требованиям 6.5.4.6.1, в приложении G приведен метод определения суммарной реакции конструкции и рельсовых путей на переменные воздействия для:

- свободно опертой или неразрезной конструкции, состоящей из единственного пролетного строения моста;
- конструкций, состоящих из системы свободно опертых пролетов;
- конструкций, состоящих из системы неразрезных пролетных строений.

(4) В качестве альтернативного подхода или для другого рельсового пути или других систем конструкций, может быть выполнен расчет в соответствии с требованиями 6.5.4.2 – 6.5.4.5.

#### 6.5.4.6.1 Упрощенный метод расчета для одиночного пролетного строения

(1) Для пролетного строения, состоящего из единственного пролета (свободно опертый, неразрезные пролеты с неподвижной опорной частью на одном конце или неразрезные пролеты с промежуточной неподвижной опорной частью), нет необходимости проверять напряжения в рельсах при условии, что:

- опоры моста обладают достаточной жесткостью  $K$  для того, чтобы ограничить величину  $\delta_B$ , т. е. смещение пролета в продольном направлении, вызванное тягой и торможением, будет до 5 мм включительно под воздействием продольных сил, обусловленных тягой и торможением и определенных в 6.5.4.6.1(2) (классифицированных, если это требуется, в соответствии с 6.3.2(3)). Для определения смещений должны быть учтены система и свойства конструкции, приведенные в 6.5.4.2(1);
- для вертикальных транспортных воздействий значение  $\delta_H$ , т. е. продольное смещение верхней поверхности плиты проезда на конце пролета, вызванное деформацией пролета, не превышает 5 мм;
- длина  $L_T$  менее 40 м.

*Примечание* — Альтернативные критерии могут быть определены в национальном приложении. Рекомендуются критерии, приведенные в данном пункте.

(2) Пределы применимости метода расчета, приведенного в 6.5.4.6.1:

- рельсовый путь удовлетворяет требованиям к конструкции, приведенным в 6.5.4.5.1(2);
- продольное упругое сопротивление сдвигу  $k$  для рельсовых путей равно:
  - $k =$  от 20 до 40 кН на метр рельсового пути — разгруженный рельсовый путь;
  - $k = 60$  кН на метр рельсового пути — нагруженный рельсовый путь;
- вертикальная нагрузка от транспорта:
  - модель нагрузки 71 (и, если это требуется, модель нагрузки SW/0) с  $\alpha = 1$  в соответствии с 6.3.2(3);
  - модель нагрузки SW/2;

*Примечание* — Метод работает для таких значений  $\alpha$ , где воздействие нагрузки от ( $\alpha \times LM71$ ) менее или равно воздействию нагрузки от модели SW/2.

— силы, возникающие вследствие торможения:  
для модели нагрузки 71 (и, если это требуется, модели нагрузки SW/0) и модели нагрузки HSLM

$$q_{lbk} = 20 \text{ кН/м};$$

для модели нагрузки SW/2

$$q_{lbk} = 35 \text{ кН/м};$$

— силы, возникающие вследствие тяги:

$$q_{lak} = 33 \text{ кН/м, ограниченные максимумом } Q_{lak} = 1000 \text{ кН};$$

— силы, возникающие вследствие изменения температуры:

$$\text{колебания температуры } \Delta T_D \text{ плиты проезда } \Delta T_D \leq 35 \text{ К};$$

$$\text{колебания температуры } \Delta T_R \text{ рельсов } \Delta T_R \leq 50 \text{ К};$$

максимальная разность температур между рельсами и пролетным строением

$$|\Delta T_D - \Delta T_R| \leq 20. \quad (6.25)$$

(3) Продольные силы, вызванные тягой и торможением и действующие на неподвижные опорные части пролетного строения, могут быть получены путем умножения тяговых усилий и тормозных сил на понижающий коэффициент  $\xi$ , приведенный в таблице 6.9.

**Таблица 6.9 — Понижающий коэффициент  $\xi$  для определения продольных сил в неподвижных опорных частях пролетного строения разрезных пролетов, обусловленных тягой и торможением**

Полная длина конструкции, м	Понижающий коэффициент $\xi$		
	Непрерывный рельсовый путь	Устройства компенсации удлинения рельса на одном конце пролетного строения	Устройства компенсации удлинения рельса на обоих концах пролетного строения
$\leq 40$	0,60	0,70	1,00

*Примечание* — Для порталных и закрытых рам или коробок рекомендуется, чтобы понижающий коэффициент  $\xi$  был принят равным 1. В качестве альтернативного подхода может использоваться метод, приведенный в приложении G, или расчет, проводимый в соответствии с 6.5.4.2 – 6.5.4.5.

(4) Нормативная продольная сила  $F_{Тк}$ , кН, в расчете на один рельсовый путь, возникающая вследствие колебаний температуры согласно 6.5.4.3 и действующая на неподвижные опорные части пролетного строения, может быть получена следующим образом:

— для мостов с длинными сварными рельсами на обоих концах пролетного строения и с неподвижными опорными частями пролетного строения на одном конце пролетного строения

$$F_{Тк} = \pm 0,6kL_T, \quad (6.26)$$

где  $k$  — продольное упругое сопротивление сдвигу рельсовых путей на единицу длины, кН/м, согласно 6.5.4.4 (2) для разгруженного рельсового пути;

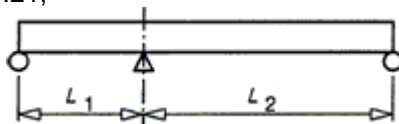
$L_T$  — длина удлинения, м, согласно 6.5.4.2(1);

— для мостов с неразрезными сварными рельсами на обоих концах пролетного строения и с неподвижными опорными частями пролетного строения, расположенными на расстоянии  $L_1$  от одного конца пролетного строения и расстоянии  $L_2$  от другого конца

$$F_{Тк} = \pm 0,6k \cdot (L_2 - L_1), \quad (6.27)$$

где  $k$  — продольное упругое сопротивление сдвигу рельсовых путей на единицу длины согласно 6.5.4.4(2) для разгруженного рельсового пути;

$L_1$  и  $L_2$  — согласно рисунку 6.21;



**Рисунок 6.21 — Пролетное строение с неподвижными опорными частями, расположенными на одном конце<sup>(1)</sup>**

*Примечание* — (1) — пролетное строение, соответствующее  $L_1$  или  $L_2$ , может включать один или несколько пролетов.

— для мостов с длинными сварными рельсами на конце пролетного строения, неподвижными опорными частями, и устройствами компенсации удлинения рельсов на свободном конце пролетного строения

$$F_{Тк} = \pm 20 L_T, \text{ но } F_{Тк} \leq 1100, \quad (6.28)$$

где  $L_T$  — длина расширения, м, согласно 6.5.4.2(1);

— для пролетных строений моста с устройствами компенсации удлинения рельсов на обоих концах

$$F_{Tk} = 0. \quad (6.29)$$

*Примечание* — Для рельсовых путей, удовлетворяющих 6.5.4.5.1(2), значения  $k$  могут быть приняты по приложению G2(3). Альтернативные значения  $k$  могут быть определены в национальном приложении.

(5) Нормативная продольная сила  $F_{Qk}$ , кН, в расчете на один рельсовый путь, действующая на неподвижные опорные части пролетного строения вследствие деформации пролета, может быть получена следующим образом:

— для мостов с длинными сварными рельсами на обоих концах пролетного строения, и с неподвижными опорными частями пролетного строения на одном конце пролетного строения, и с устройствами компенсации удлинения рельсов на свободном конце пролетного строения

$$F_{Qk} = \pm 20L, \quad (6.30)$$

где  $L$  — длина первого пролета около неподвижной опорной части пролетного строения, м;

— для мостов с устройствами компенсации удлинения рельсов с обоих концов пролетного строения

$$F_{Qk} = 0. \quad (6.31)$$

(6) Вертикальное смещение верхней поверхности пролетного строения относительно примыкающей конструкции (устой или другое пролетное строение), вызванное временными нагрузками, может быть вычислено при игнорировании суммарной реакции конструкции и рельсовых путей и сопоставлено с критериями по 6.5.4.5.2(3).

## 6.6 Аэродинамические воздействия от проходящих поездов

### 6.6.1 Общие положения

(1)Р Аэродинамические воздействия от прохождения поездов должны учитываться при расчете конструкций, расположенных вблизи железнодорожных путей.

(2) Прохождение железнодорожных составов подвергает любую конструкцию, расположенную около рельсовых путей, воздействию бегущей волны с переменным давлением и «всасыванием» (см. рисунки 6.22 – 6.25). Величина воздействия зависит главным образом от:

- квадрата скорости поезда;
- аэродинамической формы поезда;
- формы конструкции;
- расположения конструкции, особенно от расстояния между транспортным средством и конструкцией.

(3) Эти воздействия могут быть заменены эквивалентными нагрузками в голове и хвосте поезда при проверке предельных состояний по эксплуатационной пригодности и потере несущей способности, и проверке на выносливость. Нормативные значения эквивалентных нагрузок приведены в 6.6.2 – 6.6.6.

*Примечание* — Национальное приложение или проектная документация могут определять альтернативные значения. Рекомендуются значения, приведенные в 6.6.2 – 6.6.6.

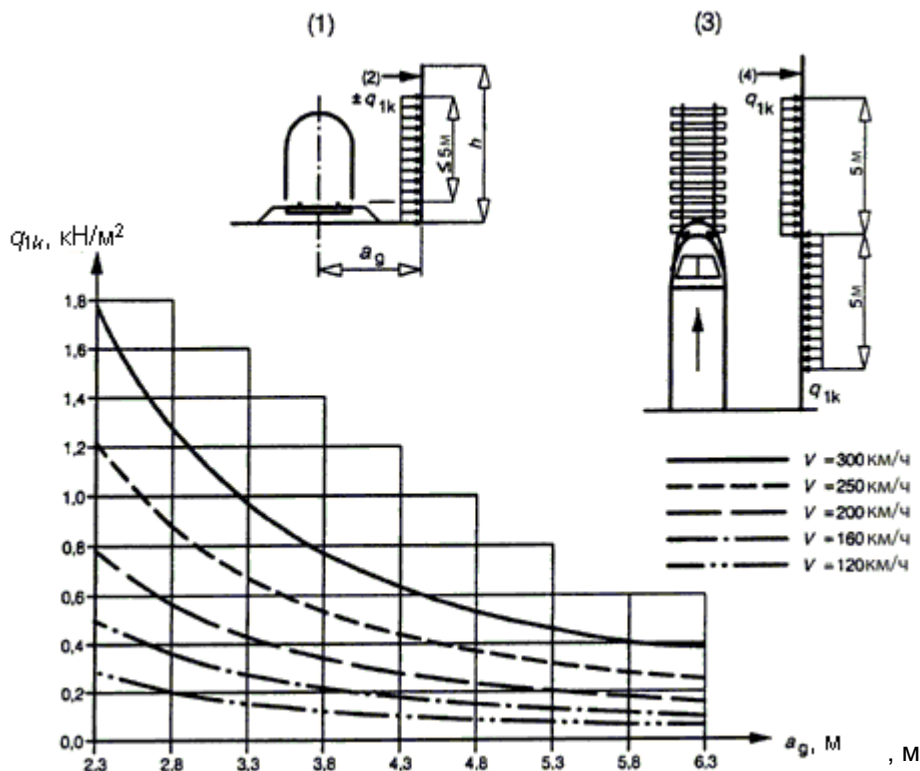
(4) В 6.6.2 – 6.6.6 максимальная расчетная скорость  $V$ , км/ч, должна приниматься равной максимальной линейной скорости в данном месте, за исключением случаев, предусмотренных в EN 1990 (A.2.2.4(6)).

(5) В начале и конце конструкций, примыкающих к рельсовым путям, на протяжении длины 5 м от начала и конца конструкции, измеренной параллельно рельсовым путям, эквивалентные нагрузки, описанные в 6.6.2 – 6.6.6, должны быть умножены на повышающий динамический коэффициент 2,0.

*Примечание* — Для динамически чувствительных конструкций вышеуказанное значение динамического коэффициента может оказаться недостаточным и, возможно, оно должно быть определено в ходе специального исследования. Такое исследование должно учесть динамические характеристики конструкции, включая условия опирания и граничные условия, скорость движения железнодорожного транспорта по соседнему пути и соответствующие аэродинамические воздействия, а также динамическую характеристику конструкции, включая скорость отклоненной волны, возникшей в конструкции. Кроме того, для динамически чувствительных конструкций использование повышенного динамического коэффициента может оказаться необходимым для элементов конструкции.

### 6.6.2 Вертикальные поверхности, параллельные рельсовым путям (например, шумовые барьеры)

(1) Нормативные значения воздействий  $\pm q_{1k}$  приведены на рисунке 6.22.



(1) — сечение; (2) — поверхность конструкции; (3) — вид сверху; (4) — поверхность конструкции

**Рисунок 6.22 — Нормативные значения воздействий  $q_{1k}$  для вертикальных поверхностей, параллельных рельсовому пути**

(2) Данные нормативные значения относятся к поездам с неблагоприятной аэродинамической формой и могут быть уменьшены:

— коэффициентом  $k_1 = 0,85$  — для поездов с подвижным составом с гладкими сторонами;

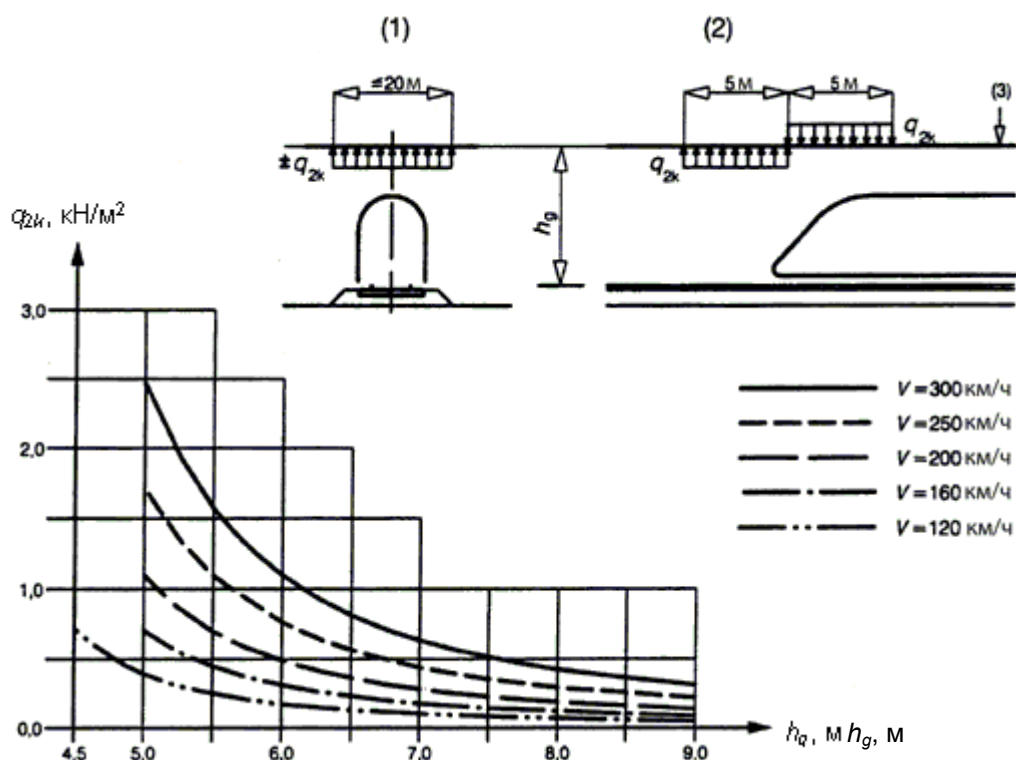
— коэффициентом  $k_1 = 0,6$  — для обтекаемого подвижного состава (например, для поездов ETR, ICE, TGV, Eurostar или аналогичных).

(3) Если рассматривается небольшая часть стены высотой  $\leq 1,00$  м и длиной  $\leq 2,50$  м, например элемент стенки шумовой защиты, воздействия  $q_{1k}$  должны быть увеличены на коэффициент  $k_2 = 1,3$ .

### 6.6.3 Горизонтальные поверхности выше рельсовых путей (например, верхние защитные конструкции)

(1) Нормативные значения воздействий  $\pm q_{2k}$  приведены на рисунке 6.23.

(2) Ширина нагружения для исследуемого конструктивного элемента имеет длину до 10 м с любой стороны от осевой линии рельсовых путей.



(1) — сечение; (2) — вертикальная проекция; (3) — обратная сторона конструкции

**Рисунок 6.23 — Нормативные значения воздействий  $q_{2k}$  для горизонтальных поверхностей выше рельсовых путей**

(3) Для поездов, проходящих друг около друга в противоположных направлениях, должны быть добавлены определенные воздействия. Следует рассматривать нагрузку от поездов только на двух рельсовых путях.

(4) Воздействия  $q_{2k}$  могут быть уменьшены с помощью коэффициента  $k_1$ , как это определено в 6.6.2.

(5) Воздействия, действующие на кромку широкой конструкции, которая пересекает рельсовый путь, могут быть умножены на коэффициент 0,75 для ширины включительно до 1,50 м.

#### 6.6.4 Горизонтальные поверхности, примыкающие к рельсовым путям (например, навесы платформы без вертикальных стен)

(1) Нормативные значения воздействий  $\pm q_{3k}$  приведены на рисунке 6.24 и применяются независимо от аэродинамической формы поезда.

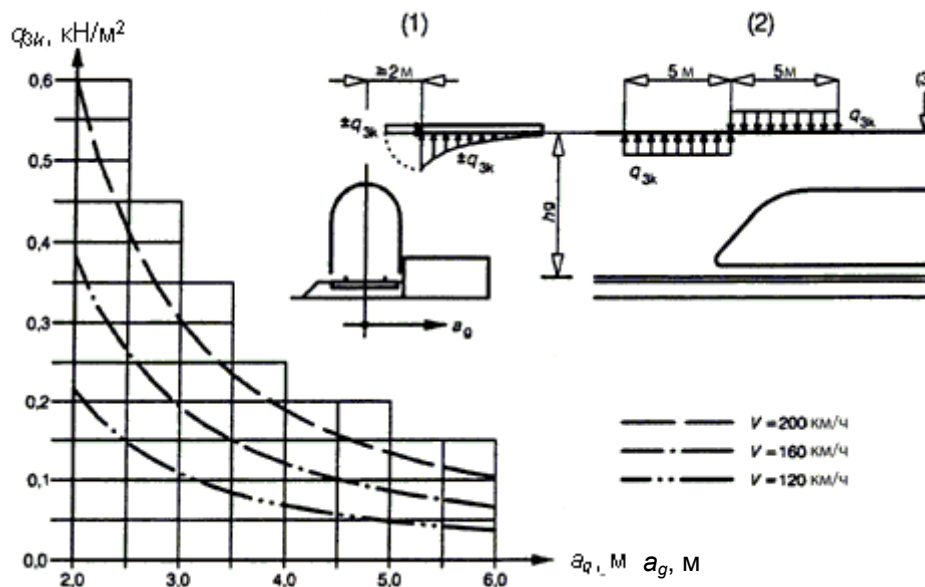
(2) Для каждого положения вдоль подлежащей расчету конструкции величина  $q_{3k}$  должна быть определена как функция расстояния  $a_g$  от ближайшего рельсового пути. Должны быть добавлены определенные воздействия, если имеются рельсовые пути с обеих сторон рассматриваемого элемента конструкции.

(3) Если расстояние  $h_g$  превышает 3,80 м, то воздействие  $q_{3k}$  может быть уменьшено с помощью коэффициента  $k_3$  по формуле

$$k_3 = \frac{(7,5 - h_g)}{3,7} \text{ для } 3,8 < h_g < 7,5; \quad (6.32)$$

$$k_3 = 0 \text{ для } h_g \geq 7,5, \quad (6.33)$$

где  $h_g$  — расстояние, м, от верхнего уровня рельса до обратной стороны конструкции.



(1) — сечение; (2) — вертикальная проекция; (3) — обратная сторона конструкции

Рисунок 6.24 — Нормативные значения воздействий  $q_{3k}$  для горизонтальных поверхностей, примыкающих к рельсовым путям

**6.6.5 Конструкции, содержащие много поверхностей (вертикальных, горизонтальных или наклонных) рядом с рельсовым путем (например, наклоненные шумовые барьеры, навесы платформы с вертикальными стенами и т. д.)**

(1) Нормативные значения воздействий  $\pm q_{4k}$ , приведенные на рисунке 6.25, должны быть приложены по нормали к рассматриваемым поверхностям. Эти воздействия должны быть получены из графиков на рисунке 6.22, причем расстояние от пути должно быть принято меньшим из:

$$a'_g = 0,6 \min a_g + 0,4 \max a_g \text{ или } 6 \text{ м,} \quad (6.34)$$

где расстояния  $\min a_g$  и  $\max a_g$  показаны на рисунке 6.25.

(2) Если  $\max a_g > 6$  м, то должно использоваться значение  $\max a_g = 6$  м.

(3) Должны использоваться коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$ , определенные в 6.6.2.

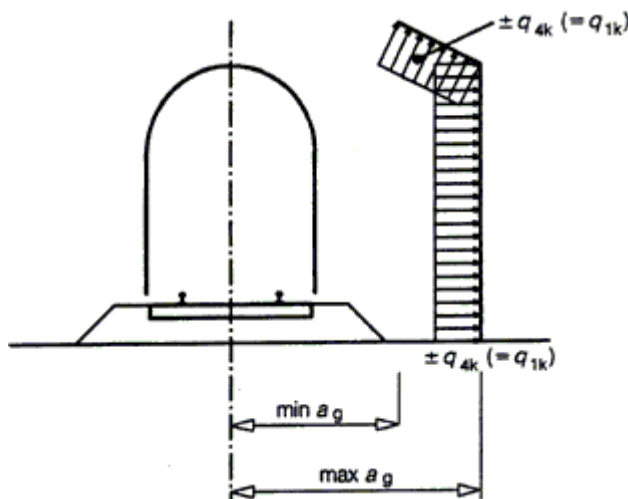


Рисунок 6.25 — Определение расстояний  $\min a_g$  и  $\max a_g$  от осевой линии рельсового пути

**6.6.6 Поверхности, окружающие габарит рельсовых путей вдоль ограниченной длины (до 20 м) (горизонтальная поверхность выше рельсовых путей и, как минимум, одна вертикальная стена, например, подмости, временные сооружения)**

(1) Все воздействия должны быть приложены независимо от аэродинамической формы поезда:

— к полной высоте вертикальных поверхностей

$$\pm k_4 q_{1k},$$

(6.35)

где  $q_{1k}$  — определено согласно 6.6.2;

$$k_4 = 2;$$

— к горизонтальным поверхностям

$$\pm k_5 q_{2k},$$

(6.36)

где  $q_{2k}$  — определено согласно 6.6.3 только для одного рельсового пути;

$k_5 = 2,5$ , если окружен один рельсовый путь;

$k_5 = 3,5$ , если окружено два рельсовых пути.

## 6.7 Сход с рельсов и другие воздействия на железнодорожные мосты

(1)Р Железнодорожные конструкции должны быть разработаны таким образом, чтобы в случае схода с рельсов наносимое в результате этого повреждение мосту (в частности опрокидывание или полное разрушение конструкции) было сведено к минимуму.

### 6.7.1 Воздействия, возникающие при сходе с рельсов железнодорожного транспорта на железнодорожном мосту

(1)Р Сход с рельсов железнодорожного транспорта на железнодорожном мосту должен рассматриваться как аварийная расчетная ситуация.

(2)Р Должны быть рассмотрены две расчетные ситуации:

— расчетная ситуация I: сход с рельсов железнодорожных транспортных средств, причем сошедшие с рельс транспортные средства остаются в области рельсовых путей на пролетном строении моста и удерживаются соседними рельсами или вертикальной стеной.

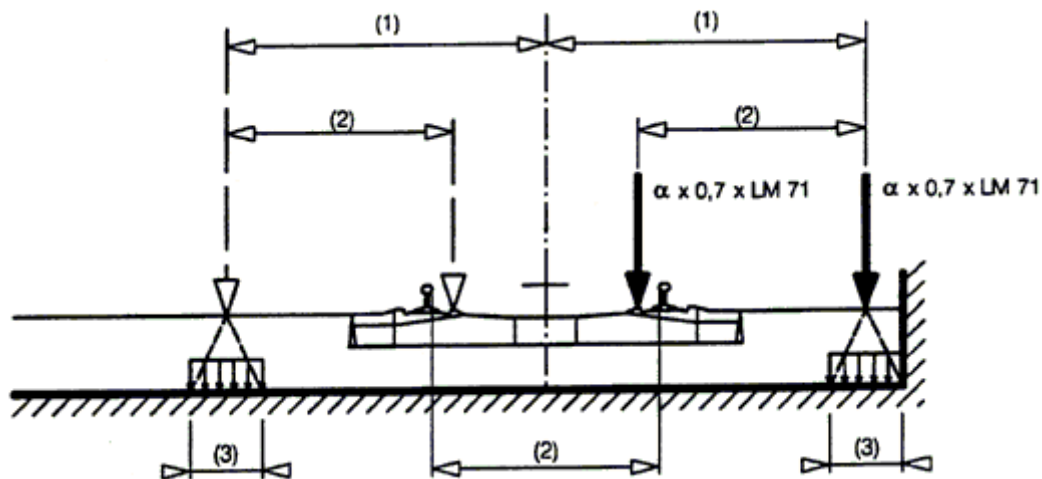
— расчетная ситуация II: сход с рельсов железнодорожных транспортных средств, причем сошедшие с рельс транспортные средства балансируют на краю моста и нагружают край пролетного строения, исключая не входящие в несущие конструкции элементы, например пешеходные дорожки.

*Примечание* — Национальное приложение или проектная документация могут определять дополнительные требования и альтернативную нагрузку.

(3)Р Для расчетной ситуации I следует избегать разрушения основных несущих элементов конструкции, однако может быть допущено локальное повреждение. Части рассматриваемой конструкции должны быть запроектированы применительно к следующим расчетным нагрузкам в аварийной расчетной ситуации:

$\alpha \times 1,4 \times LM 71$  как сосредоточенные нагрузки, так и равномерно распределенная нагрузка  $Q_{A1d}$  и  $q_{A1d}$ , приложенная параллельно рельсовым путям в самой неблагоприятном месте внутри области шириной, равной ширине колеи, умноженной на 1,5, с обеих сторон осевой линии рельсового пути.

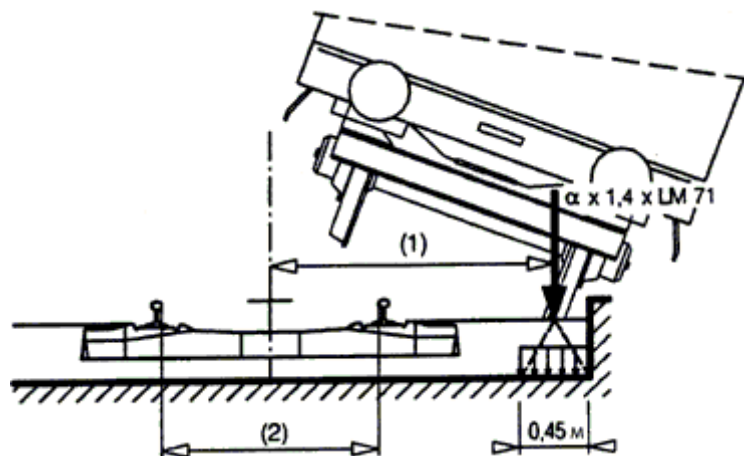




- (1) —  $\max 1,5s$  или менее, если напротив стены; (2) — ширина колеи  $s$ ;  
 (3) — можно принять, что для балластированных настилов сосредоточенные силы распределены по квадрату со стороной 450 мм сверху плиты проезжей части

**Рисунок 6.26 — Расчетная ситуация I — эквивалентная нагрузка  $Q_{A1d}$  и  $q_{A1d}$**

(4)Р В расчетной ситуации II мост не должен опрокинуться или разрушиться. Для определения общей устойчивости максимальная общая длина 20 м для  $q_{A2d} = \alpha \times 1,4 \times LM 71$  должна быть принята как равномерно распределенная вертикальная нагрузка по линии, действующая на краю рассматриваемой конструкции.



- (1) — нагрузка, действующая на краю конструкции; (2) — ширина колеи  $s$

**Рисунок 6.27 — Расчетная ситуация II — эквивалентная нагрузка  $q_{A2d}$**

*Примечание* — Вышеуказанная эквивалентная нагрузка должна рассматриваться только для определения предела прочности или устойчивости конструкции в целом. Незначительные элементы конструкции не должны быть рассчитаны на эту нагрузку.

(5)Р Расчетные ситуации I и II должны рассматриваться по отдельности. Не следует рассматривать сочетания этих нагрузок.

(6) В расчетных ситуациях I и II следует пренебречь другими воздействиями железнодорожного транспорта для рельсового пути, подвергающегося воздействиям, обусловленным сходом с рельсов.

*Примечание* — Требования для применения транспортных воздействий к другим рельсовым путям приведены в EN 1990 (приложение A.2).

(7) Динамические коэффициенты не должны применяться к расчетным нагрузкам по 6.7.1(3) и 6.7.1(4).

(8)P Для элементов конструкции, расположенных выше уровня рельсов, меры, предпринимаемые для смягчения последствий схода с рельсов, должны соответствовать указанным требованиям.

*Примечание 1* — Требования могут быть сформулированы в национальном приложении или в проектной документации.

*Примечание 2* — Национальное приложение или проектная документация могут также определять требования для сохранения сошедшего с рельсов поезда.

### **6.7.2 Сход с рельсов под конструкцией или рядом с ней и другие воздействия для аварийных расчетных ситуаций**

(1) Когда происходит сход с рельсов, есть риск столкновения между сошедшими с рельсов транспортными средствами и конструкциями, расположенными над рельсовым путем или рядом с ним. Требования к ударной нагрузке и другие расчетные требования определены в EN 1991-1-7.

(2) Другие воздействия для аварийных расчетных ситуаций приведены в EN 1991-1-7 и должны быть учтены.

### **6.7.3 Другие воздействия**

(1)P Следующие воздействия также должны быть приняты во внимание при расчете конструкции:

— эффекты, вызванные наклонными пролетами или наклонными поверхностями опорных частей пролетного строения;

— продольные силы закрепления, возникающие вследствие напряжений рельсов и снятия напряжений с них, в соответствии с указанными требованиями;

— продольные силы, вызванные аварийной поломкой рельсов, в соответствии с указанными требованиями;

— воздействия от контактного провода и другого оборудования подвесной контактной линии, прикрепленного к конструкции в соответствии с указанными требованиями;

— воздействия от другой железнодорожной инфраструктуры и оборудования в соответствии с указанными требованиями.

*Примечание* — Указанные требования, включая воздействия для любой аварийной расчетной ситуации, которые следует учитывать, могут быть определены в национальном приложении или в проектной документации.

## **6.8 Приложение нагрузок от транспортных средств на железнодорожных мостах**

### **6.8.1 Общие положения**

*Примечание* — Применение коэффициента  $\alpha$  по 6.3.2 и 6.4.5 относительно применения динамического коэффициента  $\Phi$ .

(1)Р Конструкция должна быть запроектирована для требуемого количества и положения(-ий) рельсовых путей в соответствии с указанными положениями рельсовых путей и определенными допусками.

*Примечание* — Положения рельсовых путей и допуски могут быть определены в проектной документации.

(2) Кроме того, каждая конструкция должна быть запроектирована для наибольшего количества рельсовых путей, геометрически и структурно возможных в наименее благоприятном положении, независимо от положения намеченных рельсовых путей, причем при этом надо учитывать определенные требования к минимальному расстоянию между рельсовыми путями и к структурному допуску на ширину железнодорожной колеи.

*Примечание* — Требования к минимальному расстоянию между рельсовыми путями и к допуску на ширину железнодорожной колеи могут быть определены в проектной документации.

(3)Р Результаты всех воздействий должны быть определены при нагрузках и силах от транспортных средств, размещенных в самых неблагоприятных положениях. Следует пренебречь транспортными воздействиями, которые дают эффект разгрузки.

(4)Р Для определения самого неблагоприятного влияния нагрузки при использовании модели нагрузки 71:

— любое количество длин (участков) равномерно распределенной нагрузки  $q_{vk}$  должно быть приложено к рельсовым путям и до четырех отдельных сосредоточенных нагрузок  $Q_{vk}$  должно быть приложено по 1 разу для одного рельсового пути;

— для конструкций, несущих два рельсовых пути, модель нагрузки 71 должна быть применена к одному рельсовому пути или к обоим рельсовым путям;

— для конструкций, несущих три или более рельсовых путей, модель нагрузки 71 должна быть применена к одному рельсовому пути или к двум рельсовым путям или модель нагрузки 71, умноженная на 0,75, — к трем или более рельсовым путям.

(5)Р Для определения самого неблагоприятного влияния нагрузки при использовании модели нагрузки SW/0:

— нагружение, определенное на рисунке 6.2 и в таблице 6.1, должно быть приложено по 1 разу для одного рельсового пути;

— для конструкций, несущих два рельсовых пути, модель нагрузки SW/0 должна быть применена к одному рельсовому пути или к обоим рельсовым путям;

— для конструкций, несущих три или более рельсовых путей, модель нагрузки SW/0 должна быть применена к одному рельсовому пути или к двум рельсовым путям или модель нагрузки SW/0, умноженная на 0,75, — к трем или более рельсовым путям.

(6)Р Для определения самого неблагоприятного влияния нагрузки при использовании модели нагрузки SW/2:

— нагружение, определенное на рисунке 6.2 и в таблице 6.1, должно быть реализовано по 1 разу для одного рельсового пути;

— для конструкций, несущих два рельсовых пути, модель нагрузки SW/2 должна быть применена только к одному рельсовому пути, а модель нагрузки 71 или модель нагрузки SW/0 должна быть применена к другому рельсовому пути в соответствии с 6.8.1(4) и 6.8.1(5).

(7)Р Для определения самого неблагоприятного влияния нагрузки при использовании модели нагрузки «ненагруженный поезд»:

— любое количество длин (участков) равномерно распределенной нагрузки  $q_{vk}$  должно быть применено к рельсовому пути;

— как правило, модель нагрузки «ненагруженный поезд» должна быть рассмотрена только при расчете конструкций, несущих один рельсовый путь.

(8)Р Все конструкции с неразрезной балкой, рассчитанные в рамках модели нагрузки 71, должны быть дополнительно проверены для модели нагрузки SW/0.

(9)Р Если в соответствии с 6.4.4 требуется расчет на динамическую нагрузку, то все мосты должны быть также рассчитаны на нагрузку от реальных поездов и на модель нагрузки HSLM, где это требуется по 6.4.6.1.1. Определение самых неблагоприятных случаев влияния нагрузки от реальных поездов и применение модели нагрузки HSLM должны быть в соответствии с 6.4.6.1.1(6) и 6.4.6.5(3).

(10)Р При проверке деформаций и колебаний применяемая вертикальная нагрузка должна быть:

- моделью нагрузки 71 и, где это требуется, моделями нагрузки SW/0 и SW/2;
- моделью нагрузки HSLM, где это требуется по 6.4.6.1.1;
- моделью реального поезда при определении динамической характеристики в случае резонанса или чрезмерных колебаний пролетных строений, где это требуется по 6.4.6.1.1.

(11)Р Для пролетных строений моста, несущих один или несколько рельсовых путей, проверки предельных значений прогибов и вибрации должны быть выполнены для такого количества рельсовых путей, которые нагружены всеми соответствующими транспортными воздействиями в соответствии с таблицей 6.10. Если это требуется по 6.3.2(3), то должны быть учтены классифицированные нагрузки.

**Таблица 6.10 — Количество рельсовых путей, которые необходимо нагрузить для проверки предельных значений прогибов и вибрации**

Предельное состояние и соответствующие критерии приемки	Количество рельсовых путей на мосту		
	1	2	≥3
1	2	3	4
Проверки безопасности движения: кручение пролетного строения (EN 1990, A2.4.4.2.2)	1	1 или 2 <sup>1)</sup>	1, или 2, или 3, или более <sup>2)</sup>
вертикальная деформация пролетного строения (EN 1990, A2.4.4.2.3)	1	1 или 2 <sup>1)</sup>	1, или 2, или 3, или более <sup>2)</sup>
горизонтальная деформация пролетного строения (EN 1990, A2.4.4.2.4)	1		1, или 2, или 3, или более <sup>2)</sup>
суммарная реакция конструкции и рельсового пути на временные воздействия, включая предельные значения вертикального и продольного смещения конца пролетного строения (6.5.4)	1	1 или 2 <sup>1)</sup>	1, или 2 <sup>1)</sup>
вертикальное ускорение пролетного строения (6.4.6 и EN 1990, A2.4.4.2.1)	1	1	1
Проверки SLS: критерии комфорта пассажиров (EN 1990, A2.4.4.3)	1	1	1
Проверки ULS подъем на опорных частях пролетного строения (СТБ EN 1990, A2.4.4.1(2)P)	1	1 или 2 <sup>1)</sup>	1, или 2, или 3, или более <sup>2)</sup>
<sup>1)</sup> В зависимости от того, какой из вариантов является критическим.			
<sup>2)</sup> Если используются группы нагрузок, то количество подлежащих нагрузке рельсовых путей должно соответствовать таблице 6.11. Если группы нагрузок не используются, то количество подлежащих нагрузке рельсовых путей также должно соответствовать таблице 6.11.			
<i>Примечание</i> — Требования к количеству рельсовых путей, которые должны считаться нагруженными при проверке дренажа и требований к габариту приближения строений, могут быть определены в национальном приложении или в проектной документации.			

### 6.8.2 Группы нагрузок — нормативные значения многокомпонентного воздействия

(1) Одновременное действие нагрузок, определенных в соответствии с 6.3 – 6.5 и 6.7, может быть учтено путем рассмотрения группы нагрузок, определенных в таблице 6.11. Каждую из этих групп нагрузок, которые являются взаимоисключающими, следует рассматривать как определяющую единственное временное нормативное воздействие для комбинации с нагрузками нетранспортного характера. Каждая такая группа нагрузок должна быть применена как единственное временное воздействие.

*Примечание* — В некоторых случаях необходимо рассматривать другие подходящие сочетания отдельных неблагоприятных транспортных воздействий. См. A2.2.6(4) в EN 1990.

(2) Коэффициенты, приведенные в таблице 6.11, должны быть применены к нормативным значениям различных воздействий, рассматриваемых в каждой группе.

*Примечание* — Все предлагаемые значения, приведенные для этих коэффициентов, могут быть изменены в национальном приложении. Рекомендуются значения, приведенные в таблице 6.11.

(3)Р Если не учитываются группы нагрузок, то воздействия от железнодорожного транспорта должны быть приняты в соответствии с таблицей A2.3 EN 1990.

(ПРИМЕЧАНИЯ К ТАБЛИЦЕ 6.11)

(1) Все соответствующие коэффициенты ( $\alpha$ ,  $\Phi$ ,  $f...$ ) должны быть учтены.

(2) Модель SW/0 должна учитываться только для конструкций с неразрезной балкой.

(3) Модель SW/2 следует учитывать только в том случае, когда она оговорена для линии.

(4) Коэффициент можно уменьшить до 0,5, если влияние благоприятно, но он не может равняться 0.

(5) В благоприятных случаях эти недоминирующие значения должны быть приняты равными 0.

(6) Модели HSLM и реального поезда, если они требуются, в соответствии с 6.4.4 и 6.4.6.1.1.

(7) Если требуется провести расчет на динамическую нагрузку в соответствии с 6.4.4, см. 6.4.6.5(3) и 6.4.6.1.2.

(8) См. также таблицу A2.3 EN 1990.





-  Воздействие доминирующего компонента, если это применяется.
-  Следует рассматривать при расчете конструкции, несущей один рельсовый путь (группы нагрузки 11–17).
-  Следует рассматривать при расчете конструкции, несущей два рельсовых пути (группы нагрузки 11–27, кроме 15). Каждый из этих двух рельсовых путей следует рассматривать или как  $T_1$  (рельсовый путь 1), или как  $T_2$  (рельсовый путь 2).
-  Следует рассматривать при расчете конструкции, несущей три или более рельсовых путей, (группы нагрузки 11–31, кроме 15). Любой рельсовый путь должен быть принят как  $T_1$ , любой другой рельсовый путь — как  $T_2$ , а все другие рельсовые пути — как ненагруженные. Кроме того, группу нагрузки 31 следует рассматривать как случай дополнительной нагрузки, где все неблагоприятные длины рельсовых путей  $T_i$  нагружены.

Таблица 6.11 — Оценка групп нагрузок от железнодорожного транспорта (нормативные значения многокомпонентных воздействий)

Количество рельсовых путей на конструкции			Группы нагрузок			Вертикальные силы			Горизонтальные силы			Примечания	
			Ссылка на EN 1991-2			6.3.2; 6.3.3	6.3.3	6.3.4	6.5.3	6.5.1	6.5.2		
1	2	≥3	Количество нагруженных рельсовых путей	Группа нагрузки <sup>(8)</sup>	Нагруженный рельсовый путь	LM 71 <sup>(1)</sup> SW/0 <sup>(1), (2)</sup> HSLM <sup>(6), (7)</sup>	SW/2 <sup>(1), (3)</sup>	Ненагруженный поезд	Тяговые усилия, тормозные силы <sup>(1)</sup>	Центробежная сила <sup>(1)</sup>	Сила бокового давления колес <sup>(1)</sup>		
			1	gr11	$T_1$	1			1 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup>	Максимальная вертикальная с максимальной продольной	1
			1	gr12	$T_1$	1			0,5 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup>	Максимальная вертикальная с максимальной поперечной	2
			1	gr13	$T_1$	1 <sup>(4)</sup>			1	0,5 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup>	Максимальная продольная	
			1	gr14	$T_1$	1 <sup>(4)</sup>			0,5 <sup>(5)</sup>	1	1	Максимальная боковая	
			1	gr15	$T_1$			1		1 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup>	Поперечная устойчивость с «ненагруженным поездом»	
			1	gr16	$T_1$		1			0,5 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup>	SW/2 с максимальной продольной	
			1	gr17	$T_1$		1		0,5 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup>	SW/2 с максимальной поперечной	
			2	gr21	$T_1$ $T_2$	1 1			1 <sup>(5)</sup> 1 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup> 0,5 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup> 0,5 <sup>(5)</sup>	Максимальная вертикальная с максимальной продольной	1
			2	gr22	$T_1$ $T_2$	1 1			0,5 <sup>(5)</sup> 0,5 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup> 1 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup> 1 <sup>(5)</sup>	Максимальная вертикальная с максимальной поперечной	2
			2	gr23	$T_1$ $T_2$	1 <sup>(4)</sup> 1 <sup>(4)</sup>			1 1	0,5 <sup>(5)</sup> 0,5 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup> 0,5 <sup>(5)</sup>	Максимальная продольная	
			2	gr24	$T_1$ $T_2$	1 <sup>(4)</sup> 1 <sup>(4)</sup>			0,5 <sup>(5)</sup> 0,5 <sup>(5)</sup>	1 1	1 1	Максимальная боковая	
			2	gr26	$T_1$ $T_2$	1	1		1 <sup>(5)</sup> 1 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup> 0,5 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup> 0,5 <sup>(5)</sup>	SW/2 с максимальной продольной	
			2	gr27	$T_1$ $T_2$	1	1		0,5 <sup>(5)</sup> 0,5 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup> 1 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup> 1 <sup>(5)</sup>	SW/2 с максимальной поперечной	
			≥3	gr31	$T_i$	0,75			0,75 <sup>(5)</sup>	0,75 <sup>(5)</sup>	0,75 <sup>(5)</sup>	Случай дополнительной нагрузки	

### **6.8.3 Группы нагрузок — другие нормативные значения многокомпонентных воздействий**

#### **6.8.3.1 Часто встречающиеся значения многокомпонентных воздействий**

(1) Если учитываются группы нагрузок, то применимо то же правило, что и в 6.8.2(1), с использованием коэффициентов, приведенных в таблице 6.11, для каждой группы нагрузок, по отношению к часто встречающимся значениям соответствующих воздействий, рассматриваемых в каждой группе нагрузок.

*Примечание* — Часто встречающиеся значения многокомпонентных воздействий могут быть определены в национальном приложении. Рекомендуются правила, приведенные в данном пункте.

(2)P Если группы нагрузок не используются, то воздействия железнодорожного транспорта должны быть скомбинированы в соответствии с таблицей A2.3 EN 1990.

#### **6.8.3.2 Квазипостоянные значения многокомпонентных воздействий**

(1) Квазипостоянные транспортные воздействия должны быть приняты равными 0.

*Примечание* — Квазипостоянные значения многокомпонентных воздействий могут быть определены в национальном приложении. Рекомендуется значение, определенное в данном пункте.

### **6.8.4 Нагрузки от транспортных средств в кратковременных расчетных ситуациях**

(1)P Должны быть определены нагрузки от транспортных средств для кратковременных расчетных ситуаций.

*Примечание* — Некоторые указания даны в приложении H. Нагрузки от транспортных средств для кратковременных расчетных ситуаций могут быть определены в проектной документации.

### **6.9 Нагрузки от транспортных средств для определения выносливости**

(1)P Оценка усталостного разрушения должна быть выполнена для всех элементов конструкции, которые подвергнуты колебаниям напряжений.

(2) При нормальном транспортном потоке, основанном на нормативных значениях модели нагрузки 71, включая динамический коэффициент  $\Phi$ , оценка выносливости должна быть выполнена на основе транспортных композиций, «стандартного транспортного потока», «транспортного потока с осями на 250 кН» или «композиции с неинтенсивным транспортным потоком» в зависимости от того, воспринимает ли конструкция смешанное грузопассажирское сообщение, преобладающие тяжелые грузовые перевозки или легкие пассажирские перевозки в соответствии с определенными требованиями. Детальные сведения о рассматриваемых поездах обслуживания и транспортных композициях, и применяемом динамическом коэффициенте приведены в приложении D.

*Примечание* — Требования могут быть определены в проектной документации.

(3) Если транспортная композиция не отражает реальный транспортный поток (например, в специальных ситуациях, где ограниченное количество типов транспортных средств в основном определяет нагрузку для расчета выносливости, или для транспортного потока со значением  $\alpha$ , превышающим 1 в соответствии с 6.3.2(3)), то должна быть определена альтернативная транспортная композиция.



*Примечание* — Альтернативная транспортная композиция может быть определена в проектной документации.

(4) Каждая из композиций основана на тоннаже годового грузооборота в  $25 \times 10^6$  т, проходящего по мосту на каждом рельсовом пути.

(5) Для конструкций, несущих многопутные железнодорожные линии, нагружение по выносливости должно быть применено максимум к двум рельсовым путям в самых неблагоприятных положениях.

(6) Усталостное разрушение должно оцениваться на протяжении расчетного срока эксплуатации.

*Примечание* — Расчетный срок эксплуатации может быть определен в национальном приложении. Рекомендуемый срок — 100 лет (см. EN 1990).

(7) В качестве альтернативного подхода, оценка выносливости может быть выполнена на основе специальной транспортной композиции.

*Примечание* — Эта специальная транспортная композиция может быть определена в национальном приложении или в проектной документации.

(8) В 6.4.6.6 приведены дополнительные требования для оценки выносливости мостов в той ситуации, где требуется расчет на динамическую нагрузку в соответствии с 6.4.4, когда динамические эффекты, вероятно, будут чрезмерными.

(9) Вертикальные воздействия железнодорожного сообщения, включая динамические эффекты и центробежные силы, должны быть учтены при оценке выносливости. Как правило, при оценке выносливости можно пренебречь боковым давлением колес и продольными транспортными воздействиями.

*Примечание* — В небольшом количестве специальных ситуаций, например, для мостов, несущих рельсовые пути на конечных станциях, при оценке выносливости следует учитывать влияние продольных воздействий.

## Приложение А (справочное)

### Модели специальных транспортных средств для автодорожных мостов

#### А.1 Область действия и границы применения

(1) Это приложение определяет стандартизированные модели специальных транспортных средств, которые могут использоваться при расчете автодорожных мостов.

(2) Специальные транспортные средства, определенные в этом приложении, предназначаются для описания как общих, так и местных воздействий, например тех, что вызываются транспортными средствами, которые не удовлетворяют национальному законодательству относительно предельного веса и, как правило, размеров обычных транспортных средств.

*Примечание* — Рассмотрение специальных транспортных средств при расчете мостов предназначается для ограниченного количества особых случаев.

(3) Это приложение также устанавливает правила для случая одновременного воздействия на проезжую часть моста специальных транспортных средств и нормального дорожного движения, представленного моделью нагрузки 1, определенной в 4.3.2.

#### А.2 Основные модели специальных транспортных средств

(1) Основные модели специальных транспортных средств условно определены в таблицах А.1 и А.2 и на рисунке А.1.

*Примечание 1* — Основные модели специальных транспортных средств соответствуют различным уровням аномальной нагрузки, которым может быть разрешено проезжать по определенным маршрутам на европейской магистральной сети.

*Примечание 2* — Предполагается ширина транспортного средства 3,00 м — для осевых нагрузок 150 и 200 кН и 4,50 м — для осевых нагрузок 240 кН.

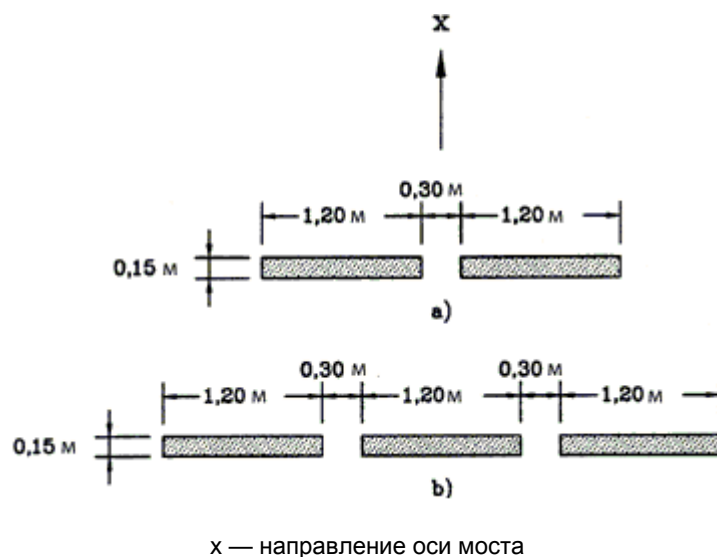
**Таблица А.1 — Классы специальных транспортных средств**

Общий вес, кН	Состав	Обозначение
1	2	3
600	4 оси по 150 кН	600/150
900	6 осей по 150 кН	900/150
1200	8 осей по 150 кН или 6 осей по 200 кН	1200/150 1200/200
1500	10 осей по 150 кН или 7 осей по 200 кН + 1 ось на 100 кН	1500/150 1500/200
1800	12 осей по 150 кН или 9 осей по 200 кН	1800/150 1800/200
2400	12 осей по 200 кН или 10 осей по 240 кН или 6 осей по 200 кН (пролет 12 м) + 6 осей по 200 кН	2400/200 2400/240 2400/200/200
3000	15 осей по 200 кН или 12 осей по 240 кН + 1 ось по 120 кН или 8 осей по 200 кН (пролет 12 м) + 7 осей по 200 кН	3000/200 3000/240 3000/200/200

3600	18 осей по 200 кН или 15 осей по 240 кН или 9 осей по 200 кН (пролет 12 м) + 9 осей по 200 кН	3600/200 3600/240
------	---	----------------------

Таблица А.2 — Описание специальных транспортных средств

Общий вес, кН	Оси по 150 кН	Оси по 200 кН	Оси по 240 кН
1	2	3	4
600	$n = 4 \times 150$ $e = 1,50$ м		
900	$n = 6 \times 150$ $e = 1,50$ м		
1200	$n = 8 \times 150$ $e = 1,50$ м	$n = 6 \times 200$ $e = 1,50$ м	
1500	$n = 10 \times 150$ $e = 1,50$ м	$n = 1 \times 100 + 7 \times 200$ $e = 1,50$ м	
1800	$n = 12 \times 150$ $e = 1,50$ м	$n = 9 \times 200$ $e = 1,50$ м	
2400		$n = 12 \times 200$ $e = 1,50$ м $n = 6 \times 200 + 6 \times 200$ $e = 5 \times 1,5 + 12 + 5 \times 1,5$	$n = 10 \times 240$ $e = 1,50$ м
3000		$n = 15 \times 200$ $e = 1,50$ м $n = 8 \times 200 + 7 \times 200$ $e = 7 \times 1,5 + 12 + 6 \times 1,5$	$n = 1 \times 120 + 12 \times 240$ $e = 1,50$ м
3600		$n = 18 \times 200$ $e = 1,50$ м	$n = 15 \times 240$ $e = 1,50$ м $n = 8 \times 240 + 7 \times 240$ $e = 7 \times 1,5 + 12 + 6 \times 1,5$
<p><i>Примечание</i> — <math>n</math> — количество осей, умноженное на нагрузку каждой оси, кН, в каждой группе; <math>e</math> — межосевое расстояние, м, в пределах каждой группы и между группами.</p>			



**Рисунок А.1 — Расположение осей и определение площадей контакта колеса:**  
**a — осевые линии от 100 до 200 кН;**  
**b — осевые линии по 240 кН**

(1) Как правило, следует учитывать одну или несколько моделей специальных транспортных средств.

*Примечание 1* — Модели, значения нагрузки и размеры могут быть определены в проектной документации.

*Примечание 2* — Воздействие стандартизированной модели 600/150 описывается результатами для модели нагрузки 1, которая применяется со всеми коэффициентами  $\alpha_{Qj}$  и  $\alpha_{qi}$ , равными 1.

*Примечание 3* — В проектной документации, необходимо определить специальные модели, которые предназначены для описания влияния исключительных нагрузок с общим весом, превышающим 3600 кН.

(3) Нормативные нагрузки, связанные со специальными транспортными средствами, должны приниматься в качестве номинальных значений и рассматриваться как связанные исключительно с кратковременными расчетными ситуациями.

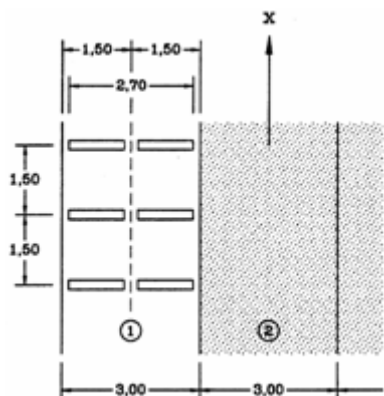
### **А.3 Применение модели нагрузки специального транспортного средства к проезжей части**

Каждая стандартизированная модель должна быть приложена:

— на одной полосе загрузки моста подвижной нагрузкой, определенной в 1.4.2 и 4.2.3 (рассматриваемой как полоса движения 1), для моделей, составленных из осей по 150 или 200 кН, или

— на двух смежных полосах загрузки моста подвижной нагрузкой (рассматриваемых как полосы движения 1 и 2 (см. рисунок А.2)) для моделей, составленных из осей по 240 кН.

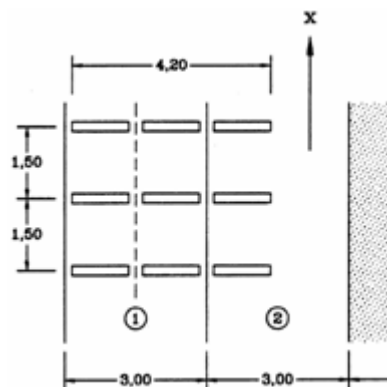
(2) Полосы загрузки моста подвижной нагрузкой должны быть расположены на проезжей части, по возможности, самым неблагоприятным образом. Для данного случая ширина проезжей части может быть определена как исключая твердые обочины, полосы безопасности и полосы разметки.



Оси по 150 или 200 кН  
( $b = 2,70$  м)

X — осевая линия моста

(1) — полоса движения 1; (2) — полоса движения 2



Оси по 240 кН ( $b = 4,20$  м)

X — осевая линия моста

(1) — полоса движения 1; (2) — полоса движения 2

**Рисунок А.2 — Применение специальных транспортных средств на полосах нагружения моста подвижной нагрузкой**

(3) В зависимости от рассматриваемых моделей можно полагать, что эти модели передвигаются с низкой скоростью (не более чем 5 км/ч) или с нормальной скоростью 70 км/ч.

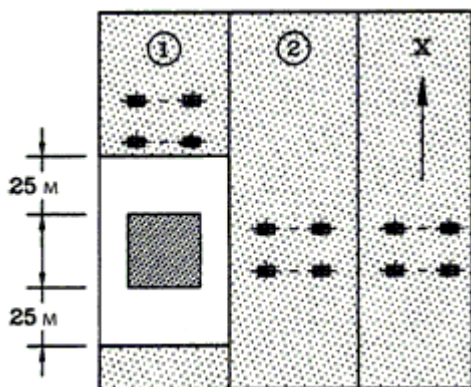
(4) Если предполагается, что модели передвигаются с низкой скоростью, то должны быть учтены только вертикальные нагрузки без динамического коэффициента.

(5) Если предполагается, что модели передвигаются с нормальной скоростью, то должен быть учтен динамический коэффициент, который рассчитывается по формуле

$$\varphi = 1,40 - \frac{L}{500}, \varphi \geq 1,$$

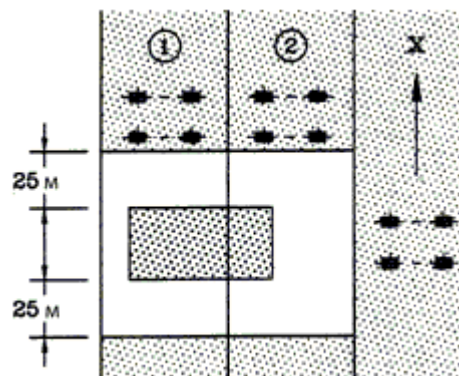
где  $L$  — длина линии влияния, м.

(6) Если предполагается, что модели передвигаются с низкой скоростью, то каждая полоса нагружения моста подвижной нагрузкой и остающаяся область плиты проезжей части моста должны быть нагружены моделью нагрузки 1 с часто встречающимися значениями, определенными в 4.5 и в приложении А2 к EN 1990. На полосе(-ах) движения, занятой(-ых) стандартизированным транспортным средством, эта система не должна быть применена на расстоянии менее 25 м от внешних осей рассматриваемого транспортного средства (рисунок А.3).



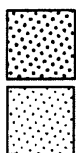
Оси по 150 или 200 кН

X — направление оси моста  
 (1) — полоса движения 1; (2) — полоса движения 2



Оси по 240 кН

X — направление оси моста  
 (1) — полоса движения 1; (2) — полоса движения 2



Стандартизированное транспортное средство.

Область нагружена с помощью модели LM1 с часто встречающимися значениями.

*Примечание* — Более благоприятное поперечное положение для некоторых специальных транспортных средств и ограничения для одновременного присутствия общего транспортного движения могут быть определены в проектной документации.

### Рисунок А.3 — Одновременное использование модели нагрузки 1 и специальных транспортных средств

(7) Если предполагается, что модели передвигаются с нормальной скоростью, то должна использоваться пара специальных транспортных средств на полосе(-ах) движения, занятой(-ых) этими транспортными средствами. На других полосах движения и в остающейся области пролетного строения моста, проезжая часть должна быть нагружена моделью нагрузки 1 с часто встречающимися значениями, определенными в 4.5 и в EN 1990, приложение А.2

## Приложение В (справочное)

### Оценка выносливости для автодорожных мостов. Метод оценки, основанный на зарегистрированном транспортном потоке

(1) История нагружения должна быть получена посредством анализа, использующего зарегистрированные характерные реальные данные о транспортном потоке, умноженные на повышающий динамический коэффициент  $\varphi_{\text{fat}}$ .

(2) Динамический коэффициент должен учитывать динамические характеристики моста и зависеть от ожидаемой неровности дорожного покрытия и от любой динамической добавки, уже включенной в записи.

*Примечание* — В соответствии с ISO 8608 дорожное покрытие может быть классифицировано в терминах спектральной плотности мощности PSD вертикального смещения дорожного профиля  $G_d$ , т. е. неровности.  $G_d$  является функцией от пространственной частоты  $n$ , т. е.  $G_d(n)$  или от угловой пространственной частоты дороги  $\Omega$ , т. е.  $G_d(\Omega)$ , где  $\Omega = 2\pi n$ . Фактическая спектральная плотность мощности для дорожного профиля должна быть сглажена и затем описана на билогарифмическом демонстрационном графике прямой линией в соответствующем диапазоне пространственных частот. Подогнанная PSD может быть выражена в общей форме:

$$G_d(n) = G_d(n_0) \cdot \left(\frac{n}{n_0}\right)^{-w} \quad \text{или} \quad G_d(\Omega) = \left(\frac{\Omega}{\Omega_0}\right)^{-w},$$

где  $n_0$  — опорная пространственная частота, 0,1 циклов/м;  
 $\Omega_0$  — опорная угловая пространственная частота, 1 рад./м;  
 $w$  — показатель степени подогнанного PSD.

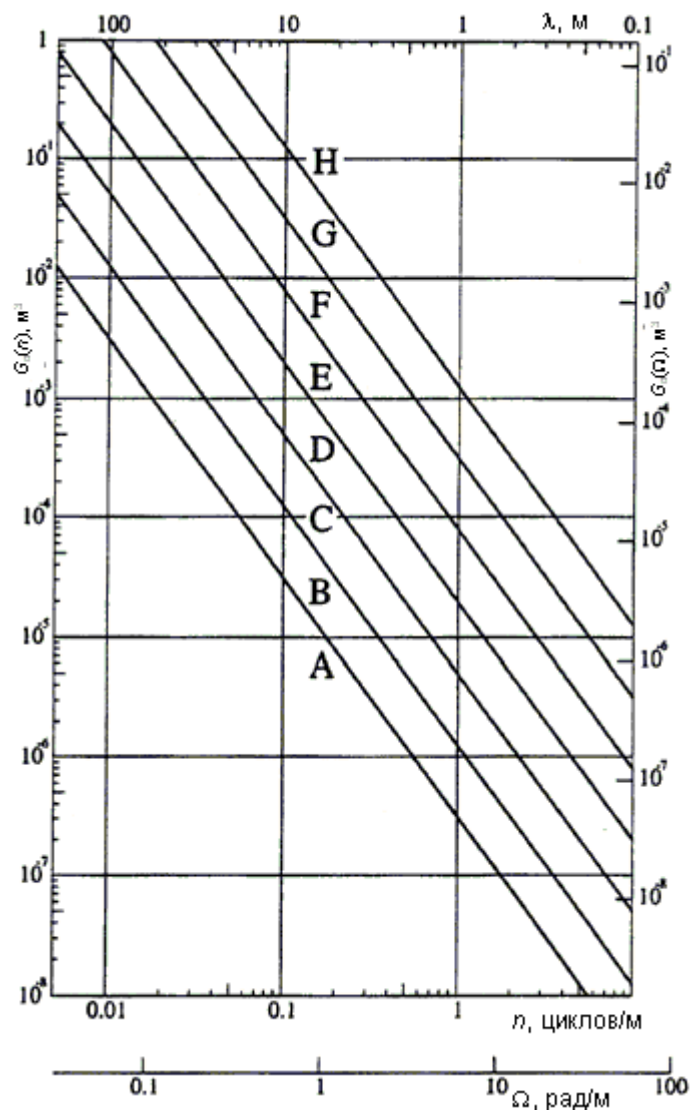
Часто вместо смещения  $G_d$  для PSD удобно рассматривать скорость  $G_v$  для PSD, в показателях изменения вертикальной ординаты поверхности дороги в расчете на единичное перемещение. Связь между  $G_v$  и  $G_d$ :

$$G_v(n) = G_d(n) \cdot (2\pi n)^2 \quad \text{и} \quad G_v(\Omega) = G_d(\Omega) \cdot (\Omega)^2.$$

Если  $w = 2$ , то два выражения для скорости PSD дают константу.

При постоянной скорости PSD в ISO 8608 рассматриваются 8 различных классов дороги (А, В, ..., Н) с увеличивающейся неровностью. Предельные значения для этих классов изображены в виде зависимости от смещения PSD на рисунке В.1. При классификации покрытия автодорожного моста применяются только первые пять классов (А, В, ..., Е).

Качество поверхности может быть признано очень хорошим для дорожных покрытий класса А, хорошим — для покрытий класса В, средним — для покрытий класса С, плохим — для покрытий класса D и очень плохим — для покрытий класса Е.



- $G_d(n)$  — спектральная плотность мощности для смещения,  $m^3$ ;
- $\lambda$  — длина волны, м;
- $G_d(\Omega)$  — спектральная плотность мощности для смещения,  $m^3$ ;
- $n$  — пространственная частота, циклов/м;
- $\Omega$  — угловая пространственная частота, рад/м.

**Рисунок В.1 — Классификация дорожного покрытия (ISO 8608)**

Предельные значения  $G_d$  и  $G_v$  для первых пяти классов дорожного покрытия в терминах  $n$  и  $\Omega$  даны в таблицах В.1 и В.2 соответственно.



**Таблица В.1 — Степень неровности, выраженная в показателях единиц пространственной частоты  $n$**

Дорожный класс	Степень неровности				
	Качество покрытия	$G_d(n_0)^a, 10^{-6}$ м			$G_v(n), 10^{-6}$ м
		Нижний предел	Среднее геометрическое	Верхний предел	Среднее геометрическое
A	Очень хорошее	—	16	32	6,3
B	Хорошее	32	64	128	25,3
C	Среднее	128	256	512	101,1
D	Плохое	512	1024	2048	404,3
E	Очень плохое	2048	4096	8192	1617,0

<sup>a)</sup>  $n_0 = 0,1$  циклов/м.

**Таблица В.2 — Степень неровности, выраженная в показателях единиц угловой пространственной частоты  $\Omega$**

Дорожный класс	Степень неровности				
	Качество покрытия	$G_d(\Omega_0)^a, 10^{-6}$ м			$G_v(\Omega), 10^{-6}$ м
		Нижний предел	Среднее геометрическое	Верхний предел	Среднее геометрическое
A	Очень хорошее	—	1	2	1
B	Хорошее	2	4	8	4
C	Среднее	8	16	32	16
D	Плохое	32	64	128	64
E	Очень плохое	128	256	512	256

<sup>a)</sup>  $\Omega_0 = 1$  рад/м.

(3) Если не определено иное, то зарегистрированные значения осевой нагрузки должны быть умножены на:

- $\varphi_{fat} = 1,2$  — для поверхности с малой неровностью;
- $\varphi_{fat} = 1,4$  — для поверхности со средней шероховатостью.

(4) Кроме того, при рассмотрении поперечного сечения в пределах расстояния 6,00 м от деформационного шва, значения нагрузки должны быть умножены на дополнительный повышающий динамический коэффициент  $\Delta\varphi_{fat}$ , полученный из рисунка 4.7.

(5) Классификация неровности проезжей части дороги может быть принята в соответствии с ISO 8608.

(6) Для приблизительной и быстрой оценки вида неровности применяется следующее правило:

— можно полагать, что новые слои дорожного покрытия, например, слои асфальта или бетона, обладают хорошим или даже очень хорошим качеством покрытия по показателю неровности;

— старые слои дорожного покрытия, которые не обслуживаются, могут быть классифицированы как имеющие среднюю неровность;

— слои дорожного покрытия, состоящие из булыжников или подобного материала, могут быть классифицированы как средние по качеству или плохие, или очень плохие.

(7) Контактные площади колес и поперечные расстояния между колесами, как правило, должны быть приняты в соответствии с таблицей 4.8.

(8) Если данные зарегистрированы только для одной полосы движения, должны быть сделаны предположения относительно транспортного потока по другим полосам движения. Эти предположения могут быть основаны на записях, сделанных в других местах для подобного типа транспортного потока.

(9) История нагружения должна учитывать одновременное присутствие транспортных средств, зарегистрированных на мосту на любой полосе движения. Должна быть разработана процедура, позволяющая использовать записи о нагрузках для отдельных транспортных средств как базис.

(10) Количество велосипедов должно подсчитываться с помощью метода Rainflow или метода Reservoir.

(11) Если продолжительность регистрации менее полной недели, записи и оценка скоростей усталостных повреждений могут быть откорректированы таким образом, чтобы учитывать наблюдаемые вариации грузонапряженности движения в течение типичной недели. Должен быть также применен поправочный коэффициент, учитывающий любые будущие изменения транспортного потока.

(12) Накопленное усталостное повреждение, вычисленное на основании записей, должно быть умножено на отношение между расчетным сроком эксплуатации и продолжительностью, рассмотренной на гистограмме. При отсутствии подробной информации рекомендуется применять коэффициент 2 — для грузовиков и коэффициент 1,4 — для уровней нагрузки.

## Приложение С (обязательное)

### Динамические коэффициенты $(1 + \varphi)$ для реальных поездов

(1)Р Чтобы учесть динамические эффекты, возникающие в результате движения реальных поездов обслуживания на определенной скорости, силы и моменты, вычисленные на основании указанных статических нагрузок, должны быть умножены на коэффициент, соответствующий максимальной разрешенной скорости транспортного средства.

(2) Динамические коэффициенты  $(1 + \varphi)$  также используются для расчета на выносливость.

(3)Р Статическая нагрузка, вызванная реальным поездом, движущимся со скоростью  $v$ , м/с, должна быть умножена на:

$$(1 + \varphi) = (1 + \varphi' + \varphi'') \quad \text{— для рельсовых путей со стандартным обслуживанием} \quad (\text{С.1})$$

$$\text{или } (1 + \varphi) = (1 + \varphi' + 0,5\varphi'') \quad \text{— для тщательно обслуживаемых рельсовых путей.} \quad (\text{С.2})$$

*Примечание* — Национальное приложение может определять, какое из выражений (С.1) или (С.2) может использоваться. Если используемое выражение не определено, то рекомендуется выражение (С.1).

При этом

$$\varphi' = \frac{K}{1 - K + K^4} \quad \text{— для } K < 0,76 \quad (\text{С.3})$$

и

$$\varphi' = 1,325 \quad \text{— для } K \geq 0,76, \quad (\text{С.4})$$

где

$$K = \frac{v}{2L_{\Phi}n_0}; \quad (\text{С.5})$$

$$\varphi'' = \frac{\alpha}{100} \cdot \left[ 56e^{-\left(\frac{L_{\Phi}}{10}\right)^2} + 50 \left( \frac{L_{\Phi}n_0}{80} - 1 \right) e^{-\left(\frac{L_{\Phi}}{20}\right)^2} \right]; \quad (\text{С.6})$$

$$\varphi'' > 0,$$

$$\text{здесь } \alpha = \frac{v}{22}, \quad \text{если } v \leq 22 \text{ м/с}; \quad (\text{С.7})$$

$$\alpha = 1, \quad \text{если } v > 22 \text{ м/с},$$

$v$  — максимальная разрешенная скорость транспортного средства, м/с;  
 $n_0$  — первая собственная частота изгибной формы моста, нагруженного постоянными воздействиями, Гц;

$L_{\Phi}$  — определяющая длина, м, в соответствии с 6.4.5.3;

$\alpha$  — коэффициент скорости.

Предел применимости для величины  $\varphi'$ , определенной формулами (С.3) и (С.4), является нижней границей собственной частоты, приведенной на рисунке 6.10, и скорости 200 км/ч. Для всех других случаев  $\varphi'$  должно быть определено с помощью расчета на динамическую нагрузку в соответствии с 6.4.6.

*Примечание* — Используемый метод должен быть согласован с соответствующей властью, определенной в национальном приложении.

Предел применимости для величины  $\varphi''$ , определенной формулой (С.6), является верхним пределом собственной частоты на рисунке 6.10. Для всех других случаев

величина  $\varphi''$  может быть определена с помощью расчета на динамическую нагрузку, учитывающего взаимодействие между неподрессоренными массами оси поезда и массой моста в соответствии с 6.4.6.

(4)Р Значения  $(\varphi' + \varphi'')$  должны быть определены с использованием верхних и нижних предельных значений  $n_0$ , если это не определено, то должно быть получено для каждого моста для известной первой собственной частоты.

Верхний предел  $n_0$  определяется по формуле

$$n_0 = 94,76L_{\Phi}^{-0,748}, \quad (C.8)$$

а нижняя граница определяется по формулам

$$n_0 = \frac{80}{L_{\Phi}} \text{ при } 4 \leq L_{\Phi} \leq 20; \quad (C.9)$$

$$n_0 = 23,58L_{\Phi}^{-0,592} \text{ при } 20 < L_{\Phi} \leq 100. \quad (C.10)$$

## Приложение D (обязательное)

### Основание для оценки выносливости железнодорожных конструкций

#### D.1 Допущения для нагрузок по выносливости

(1) Динамические коэффициенты  $\Phi_2$  и  $\Phi_3$ , применяемые к модели нагрузки 71 и моделям нагрузки SW/0 и SW/2 в случае, когда используется 6.4.5, отражают случай экстремальной нагрузки, который должен быть принят во внимание для детализации элементов моста. Эти коэффициенты были бы необоснованно завышенными, если бы они были применены для реальных поездов, используемых для оценки выносливости.

(2) Чтобы учесть среднее воздействие в течение предполагаемого 100 летнего срока эксплуатации конструкции, динамическую добавку для каждого реального поезда можно уменьшить до

$$1 + 1/2 \cdot (\varphi' + 1/2\varphi''), \quad (D.1)$$

где  $\varphi'$  и  $\varphi''$  определены ниже по формулам (D.2) и (D.5).

(3) Формулы (D.2) и (D.5) являются упрощенными формулами (C.3) и (C.6), которые достаточно точны для вычисления выносливости и действительны для максимальных разрешенных скоростей транспортного средства включительно до 200 км/ч:

$$\varphi' = \frac{K}{1 - K + K^4}, \quad (D.2)$$

$$\text{где } K = \frac{v}{160} \quad \text{для } L \leq 20i; \quad (D.3)$$

$$K = \frac{v}{47,16L^{0,408}} \quad \text{для } L > 20i \quad (D.4)$$

и

$$\varphi'' = 0,56e^{-\frac{L^2}{100}}, \quad (D.5)$$

где  $v$  — максимальная разрешенная скорость транспортного средства, м/с;  
 $L$  — определяющая длина  $L_\phi$ , м, в соответствии с 6.4.5.3.

*Примечание* — Если динамические эффекты, включая резонанс, могут быть чрезмерными, а расчет на динамическую нагрузку требуется в соответствии с 6.4.4, то дополнительные требования для оценки выносливости мостов приведены в 6.4.6.6.

## D.2 Общий метод расчета

(1)Р Оценка выносливости, которая, как правило, является проверкой диапазона напряжений, должна быть выполнена согласно EN 1992 – EN 1994.

(2) В качестве примера можно отметить, что для стальных мостов проверка безопасности должна быть выполнена путем обеспечения выполнения следующего условия:

$$\gamma_{FF}\lambda\Phi_2\Delta\sigma_{71} \leq \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}}, \quad (D.6)$$

где  $\gamma_{FF}$  — частный коэффициент для нагружения по выносливости;

*Примечание* — Величина  $\gamma_{FF}$  может быть дана в национальном приложении. Рекомендуемая величина —  $\gamma_{FF} = 1,00$ .

$\lambda$  — коэффициент эквивалентности повреждения для выносливости, который учитывает транспорт обслуживания на мосту и пролет элемента. Значения  $\lambda$  представлены в правилах проектирования;

$\Phi_2$  — динамический коэффициент (см. 6.4.5);

$\Delta\sigma_{71}$  — диапазон напряжений, вызванный моделью нагрузки 71 (и, где требуется, моделью SW/0, но исключая  $\alpha$ ), размещаемый в самом неблагоприятном положении для рассматриваемого элемента;

$\Delta\sigma_c$  — контрольное значение усталостной прочности (см. EN 1993);

$\gamma_{Mf}$  — частный коэффициент для усталостной прочности в расчетах элементов конструкции.

## D.3 Типы поезда для оценки выносливости

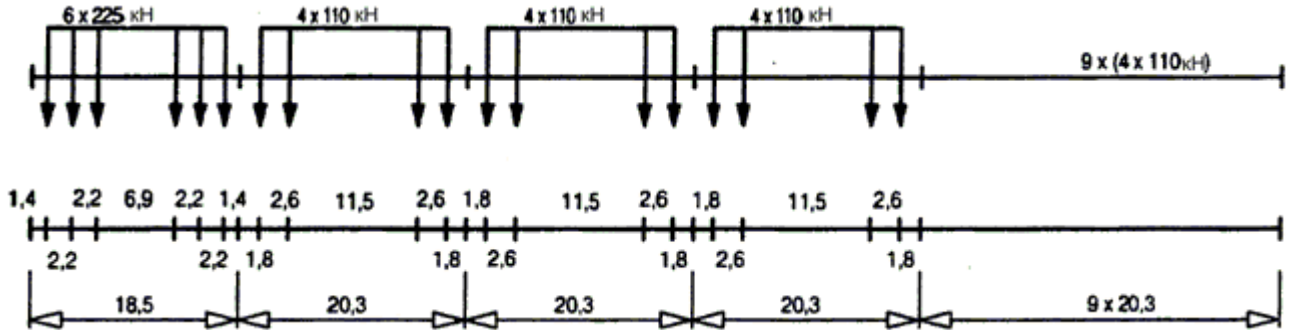
Оценка выносливости должна быть выполнена на основе транспортных композиций «стандартного транспортного потока», «транспортного потока с осями по 250 кН» или «композиции с неинтенсивным транспортным потоком» в зависимости от того, несет ли конструкция стандартную транспортную композицию, преобладающую перевозку тяжелых грузов или неинтенсивный транспортный поток.

Детальные сведения о поездах обслуживания и транспортных композициях приведены ниже.

(1) Композиции для стандартного и неинтенсивного транспортного потока

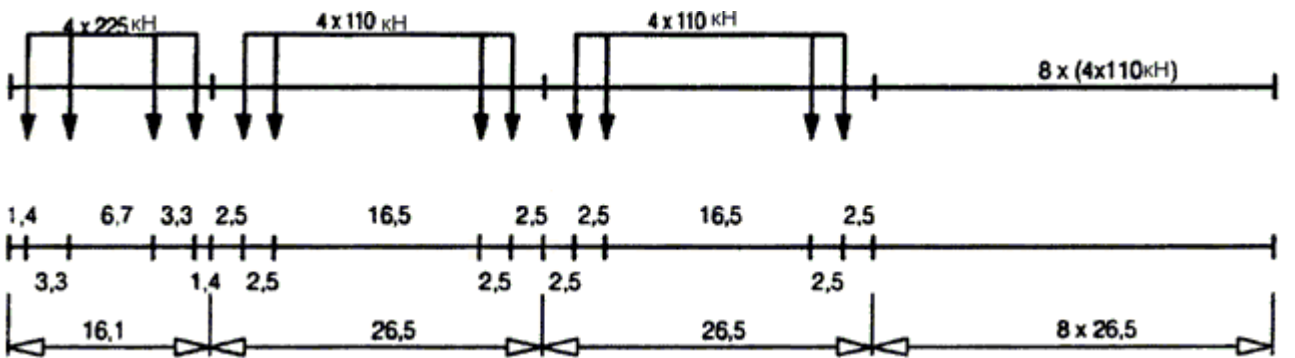
**Тип 1** Буксируемый локомотивом пассажирский поезд

$\Sigma Q = 6630$  кН;  $V = 200$  км/ч;  $L = 262,10$  м;  $q = 25,3$  кН/м



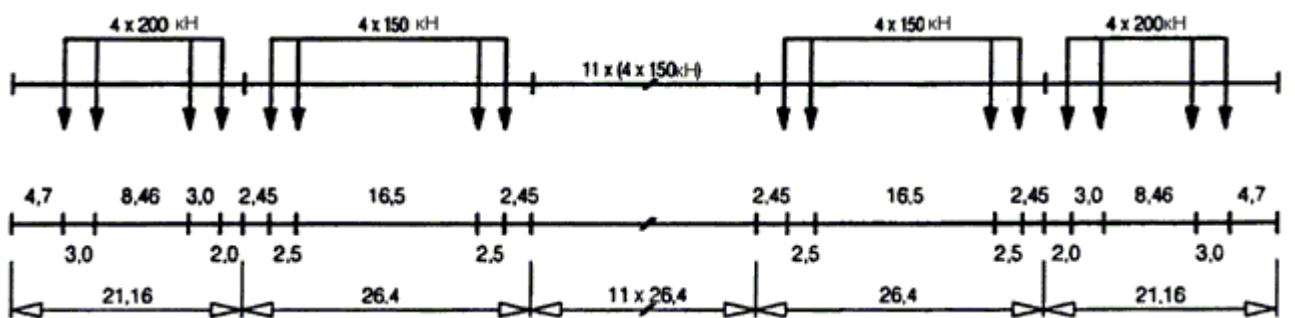
**Тип 2** Буксируемый локомотивом пассажирский поезд

$\Sigma Q = 5300$  кН;  $V = 160$  км/ч;  $L = 281,10$  м;  $q = 18,9$  кН/м



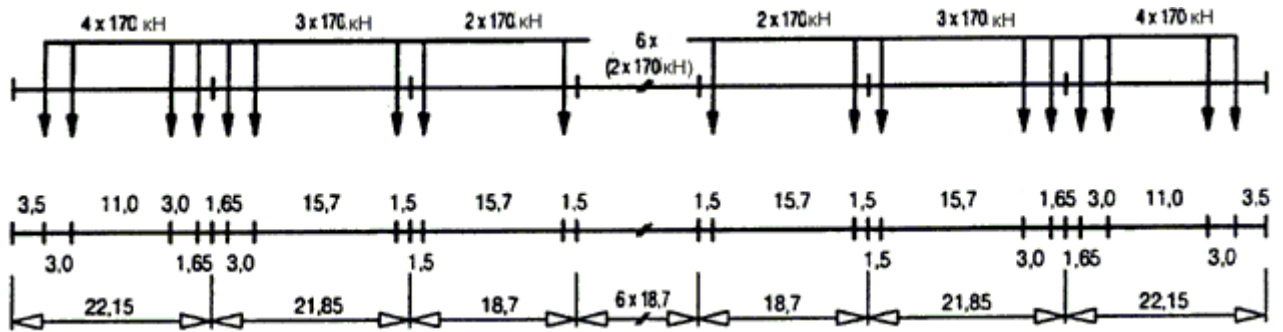
**Тип 3** Скоростной пассажирский поезд

$\Sigma Q = 9400$  кН;  $V = 250$  км/ч;  $L = 385,52$  м;  $q = 24,4$  кН/м



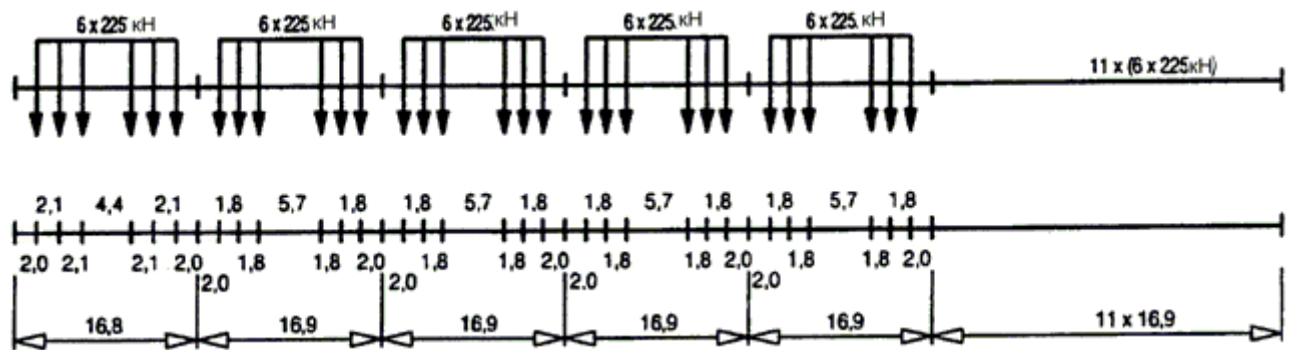
**Тип 4** Скоростной пассажирский поезд

$\Sigma Q = 5100$  кН;  $V = 250$  км/ч;  $L = 237,68$  м;  $q = 21,5$  кН/м



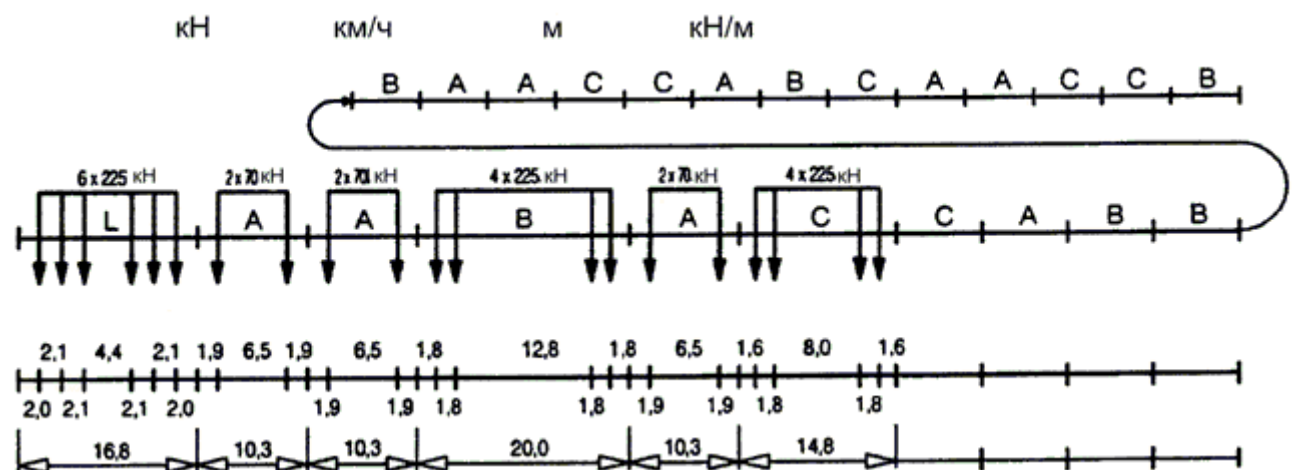
**Тип 5** Буксируемый локомотивом грузовой поезд

$\Sigma Q = 21\ 600$  кН;  $V = 80$  км/ч;  $L = 270,30$  м;  $q = 80,0$  кН/м



**Тип 6** Буксируемый локомотивом грузовой поезд

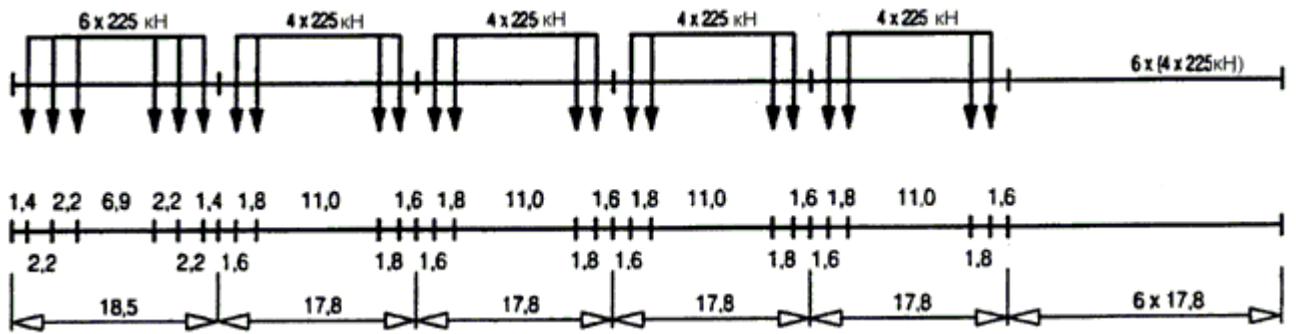
$\Sigma Q = 14\ 310$  кН;  $V = 100$  км/ч;  $L = 333,10$  м;  $q = 43,0$  кН/м





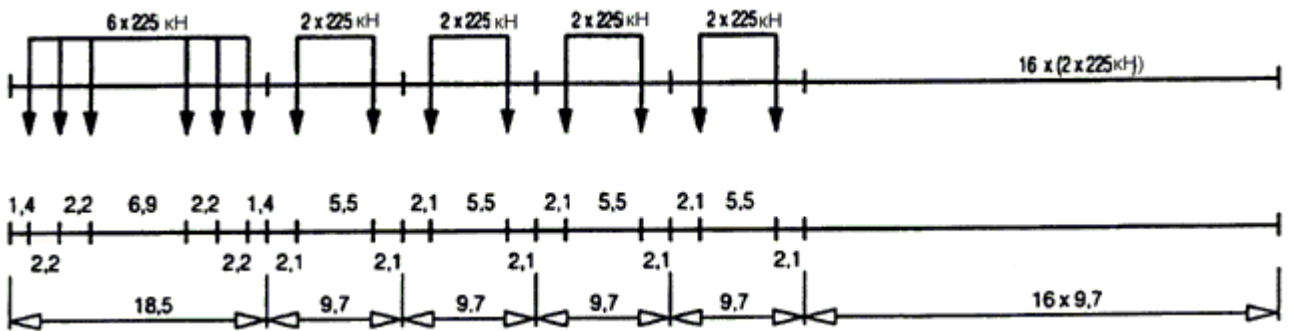
**Тип 7** Букируемый локомотивом грузовой поезд

$\Sigma Q = 10\ 350\ \text{кН}$ ;  $V = 120\ \text{км/ч}$ ;  $L = 196,50\ \text{м}$ ;  $q = 52,7\ \text{кН/м}$



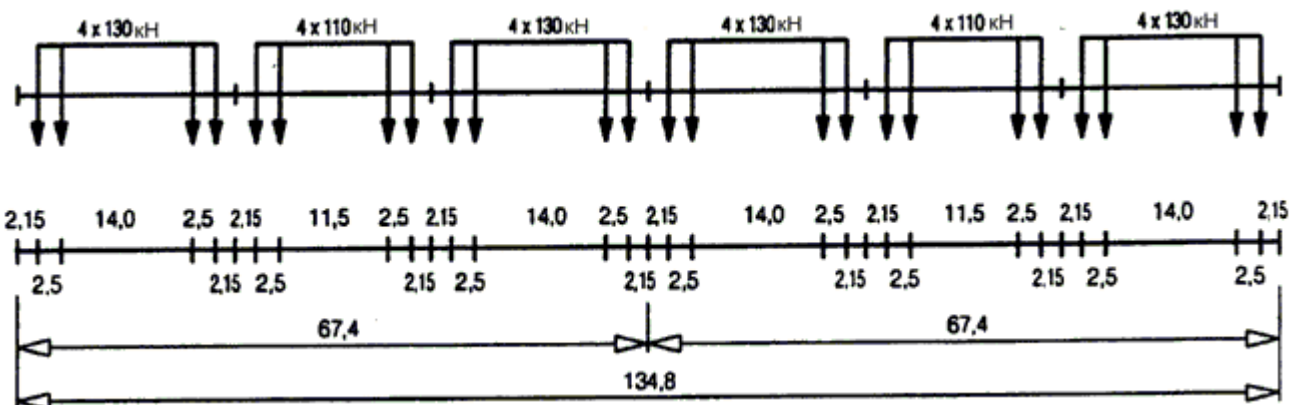
**Тип 8** Букируемый локомотивом грузовой поезд

$\Sigma Q = 10\ 350\ \text{кН}$ ;  $V = 100\ \text{км/ч}$ ;  $L = 212,50\ \text{м}$ ;  $q = 48,7\ \text{кН/м}$



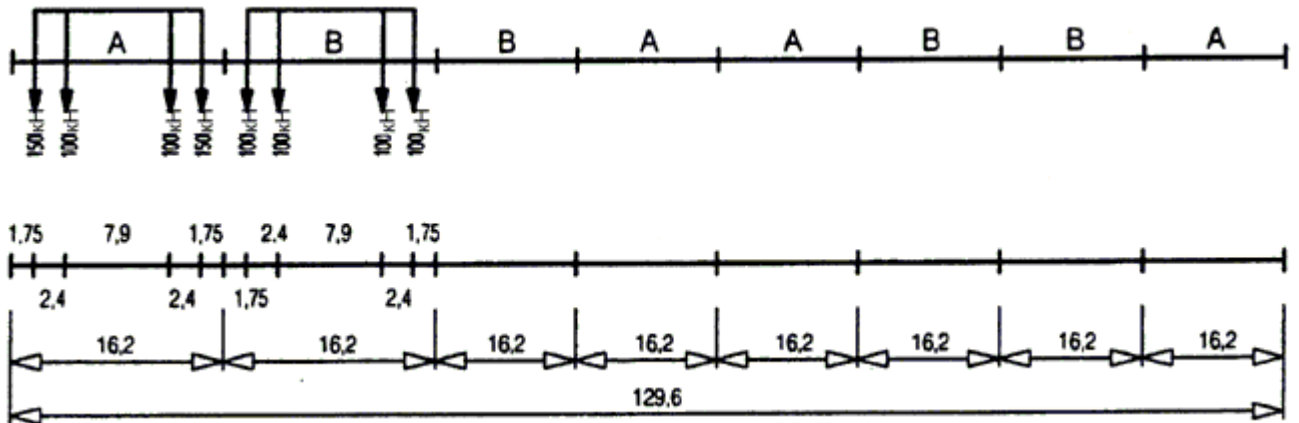
**Тип 9** Пригородный моторвагонный поезд

$\Sigma Q = 2960\ \text{кН}$ ;  $V = 120\ \text{км/ч}$ ;  $L = 134,80\ \text{м}$ ;  $q = 22,0\ \text{кН/м}$



**Тип 10** Метрополитен

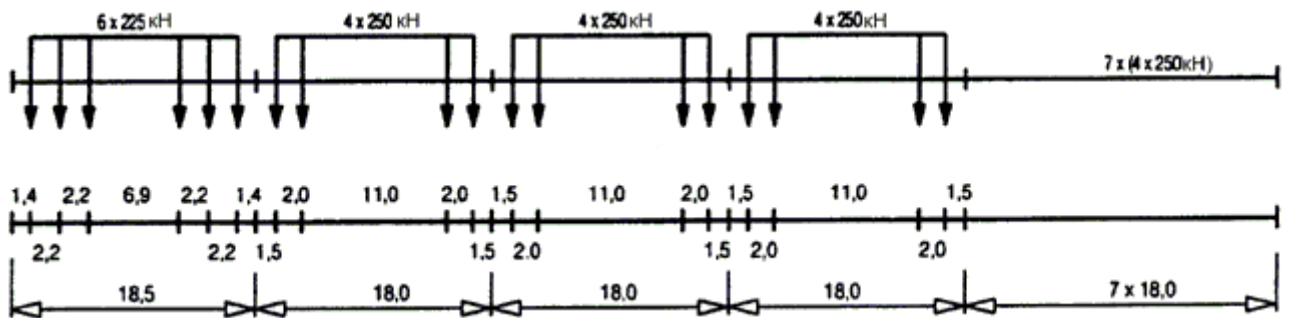
$\Sigma Q = 3600$  кН;  $V = 120$  км/ч;  $L = 129,60$  м;  $q = 27,8$  кН/м



(2) Интенсивный транспортный поток с осями по 250 кН

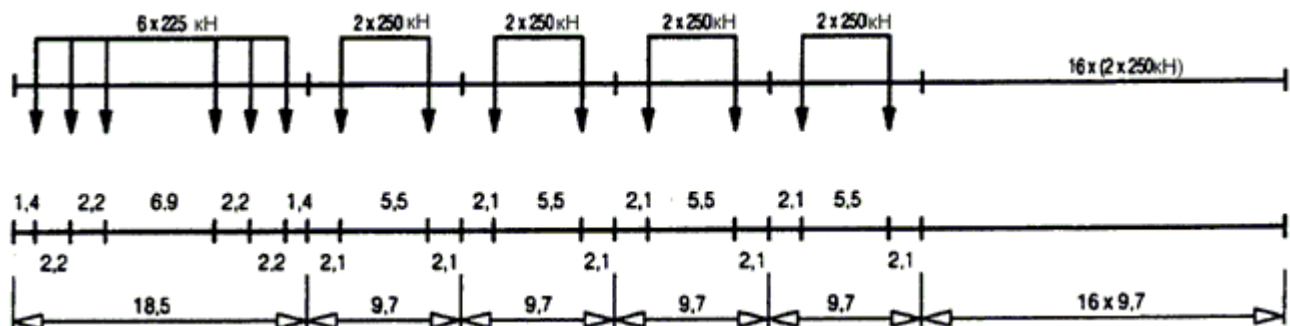
**Тип 11** Буксируемый локомотивом грузовой поезд

$\Sigma Q = 11\ 350$  кН;  $V = 120$  км/ч;  $L = 198,50$  м;  $q = 57,2$  кН/м



**Тип 12** Буксируемый локомотивом грузовой поезд

$\Sigma Q = 11\ 350$  кН;  $V = 100$  км/ч;  $L = 212,50$  м;  $q = 53,4$  кН/м



(3) Транспортная композиция:

Таблица D.1 — Стандартная транспортная композиция с осями  $\leq 22,5$  т (225 кН)

Тип поезда	Количество поездов в день	Масса поезда, т	Объем транспортного потока, $10^6$ т/г
1	12	663	2,90
2	12	530	2,32
3	5	940	1,72
4	5	510	0,93
5	7	2160	5,52
6	12	1431	6,27
7	8	1035	3,02
8	6	1035	2,27
	67		24,95

Таблица D.2 — Композиция для перевозки тяжелых грузов с осями по 25 т (250 кН)

Тип поезда	Количество поездов в день	Масса поезда, т	Объем транспортного потока, $10^6$ т/г
5	6	2160	4,73
6	13	1431	6,79
11	16	1135	6,63
12	16	1135	6,63
	51		24,78

Таблица D.3 — Композиция для неинтенсивного движения с осями  $\leq 22,5$  т (225 кН)

Тип поезда	Количество поездов в день	Масса поезда, т	Объем транспортного потока, $10^6$ т/г
1	10	663	2,4
2	5	530	1,0
5	2	2160	1,4
9	190	296	20,5
	207		25,3

## Приложение Е (справочное)

### Пределы применимости модели нагрузки HSLM и отбор критического универсального поезда на основании модели HSLM-A

#### Е.1 Пределы применимости модели нагрузки HSLM

(1) Модель нагрузки HSLM применима для пассажирских поездов, соответствующих следующим критериям:

- каждая осевая нагрузка  $P$  ограничена значением 170 кН, а для обычных поездов также ограниченная некоторым значением, принимаемым в соответствии с уравнением (Е.2);
- расстояние  $D$ , м соответствующее длине пассажирского вагона или расстоянию между регулярно повторяющимися осями в соответствии с таблицей Е.1;
- межосевой интервал находится пределах тележки  $d_{BA}$ , м, находящийся в соответствии с выражением

$$2,5 \leq d_{BA} \leq 3,5; \quad (E.1)$$

— для обычных поездов расстояние  $d_{BS}$  между центрами тележек находится между смежными транспортными средствами, м, определяемое в соответствии с уравнением (Е.2);

— для поездов регулярного обращения с пассажирскими вагонами с одной осью на пассажирский вагон (например, для поезда типа Е в приложении F2), промежуточная длина пассажирского вагона  $D_{IC}$ , м, и расстояние между смежными осями через сцепление двух отдельных поездных секций  $e_c$ , м, определяемое в соответствии с таблицей Е.1;

- значения  $D/d_{BA}$  и  $(d_{BS} - d_{BA})/d_{BA}$  не должны быть близки к целым числам;
- максимальная полная масса поезда должна равняться 10 000 кН;
- максимальная длина поезда должна равняться 400 м;
- максимальная неподрессоренная масса оси должна равняться 2 т,

**Таблица Е.1 — Ограничивающие параметры для скоростных пассажирских поездов, соответствующих модели нагрузки HSLM**

Тип поезда	$P$ , кН	$D$ , м	$D_{IC}$ , м	$e_c$ , м
Сочлененный	170	$18 \leq D \leq 27$	—	—
Обычный	Меньшее из 170 и значения, соответствующего уравнению (Е.2)	$18 \leq D \leq 27$	—	—
Регулярного сообщения	170	$10 \leq D \leq 14$	$8 \leq D_{IC} \leq 11$	$7 \leq e_c \leq 10$

где

$$4P \cos\left(\frac{\pi d_{BS}}{D}\right) \cos\left(\frac{\pi d_{BA}}{D}\right) \leq 2P_{HSLMA} \cos\left(\frac{\pi P_{HSLMA}}{D_{HSLMA}}\right), \quad (E.2)$$

здесь  $P_{HSLMA}$ ,  $d_{HSLMA}$  и  $D_{HSLMA}$  — параметры универсальных поездов в соответствии с рисунком 6.12 и таблицей 6.3 и соответствующие длине пассажирского вагона  $D_{HSLMA}$  для:  
 — одиночного универсального поезда, где  $D_{HSLMA}$  равно значению  $D$ ;  
 — двух универсальных поездов, где  $D$  не равно  $D_{HSLMA}$ , а значение  $D_{HSLMA}$  выбирается незначительно более  $D$  и менее  $D$ ;

значения  $D$ ,  $D_{IC}$ ,  $P$ ,  $d_{BA}$ ,  $d_{BS}$  и  $e_c$  определены как соответствующие для сочлененных, обычных и поездов регулярного обращения, представленных на рисунках E.1 – E.3:

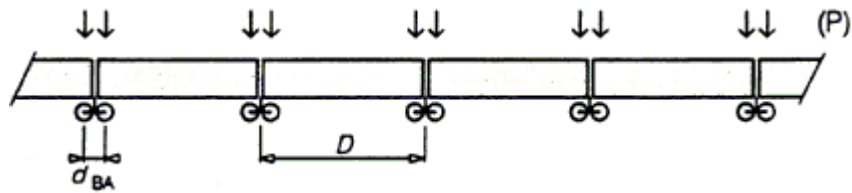


Рисунок E.1 — Сочлененный поезд

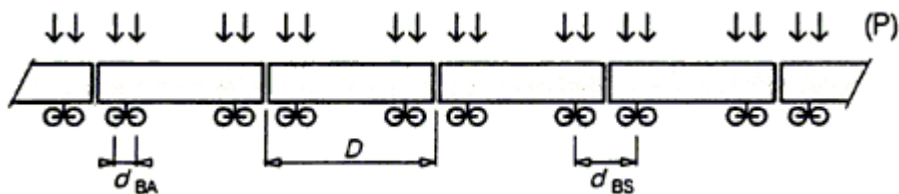


Рисунок E.2 — Обычный поезд

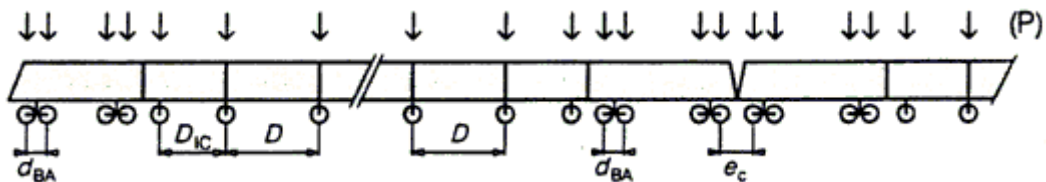


Рисунок E.3 — Поезд регулярного обращения

(2) Сосредоточенные силы, размеры и длина универсальных поездов, определенные в 6.4.6.1.1, не являются частью спецификации реального транспортного средства, если только это не указано в E.1(1).

## E.2 Выбор универсального поезда на основании модели HSLM-A

(1) Для свободно опертых пролетов, которые проявляют только динамические характеристики, свойственные линейным балкам, и длиной 7 м или более, может использоваться для расчетов на динамическую нагрузку единственный универсальный поезд, полученный на основании модели нагрузки HSLM-A.

(2) Критический универсальный поезд определен в разделе Е.2 (5) как функция:

— критической длины волны возбуждения  $\lambda_c$ , м, определенной в разделе Е.2(4),

где критическая длина волны возбуждения  $\lambda_c$  является функцией от:

— длины волны возбуждения при максимальной расчетной скорости  $\lambda_v$ , м, приведенной в Е.2 (3);

— пролета моста  $L$ , м;

— предельного значения агрессивности  $A_{(L,\lambda)}G_{(\lambda)}$ , кН/м, в диапазоне длины волны возбуждения от 4,5 до величины  $L$ , м, заданной в разделе Е.2 (4).

(3) Длина волны возбуждения при максимальной расчетной скорости  $\lambda_v$ , м, задается выражением

$$\lambda_v = v_{DS}/n_0, \quad (\text{Е.3})$$

где  $n_0$  — первая собственная частота свободно опертого пролета, Гц;

$v_{DS}$  — максимальная расчетная скорость в соответствии с 6.4.6.2(1), м/с.

(4) Критическая длина волны возбуждения  $\lambda_c$  должна быть определена из рисунков Е.4 – Е.17 как величина  $\lambda$ , соответствующая предельному значению агрессивности  $A_{(L,\lambda)}G_{(\lambda)}$  для пролета длиной  $L$ , м, в диапазоне длины волны возбуждения от 4,5 до  $\lambda_v$ , м.

Если длина пролета не соответствует базовой длине  $L$  на рисунках Е.4 – Е.17, то должны быть приняты во внимание два рисунка, соответствующие величине  $L$ , принятой незначительно больше длины пролета или незначительно меньше длины пролета. Критическая длина волны возбуждения  $\lambda_c$  должна быть определена на основании рисунка, соответствующего максимальной агрессивности. Интерполяция между диаграммами не разрешена.

*Примечание* — На основании рисунков Е.4 – Е.17 можно отметить, что во многих случаях  $\lambda_c = \lambda_v$ , но в некоторых случаях  $\lambda_c$  соответствует максимальному значению агрессивности при значении  $\lambda$  менее  $\lambda_v$ . (Например, на рисунке Е.4 для  $\lambda_v = 17$  м,  $\lambda_c = 13$  м).

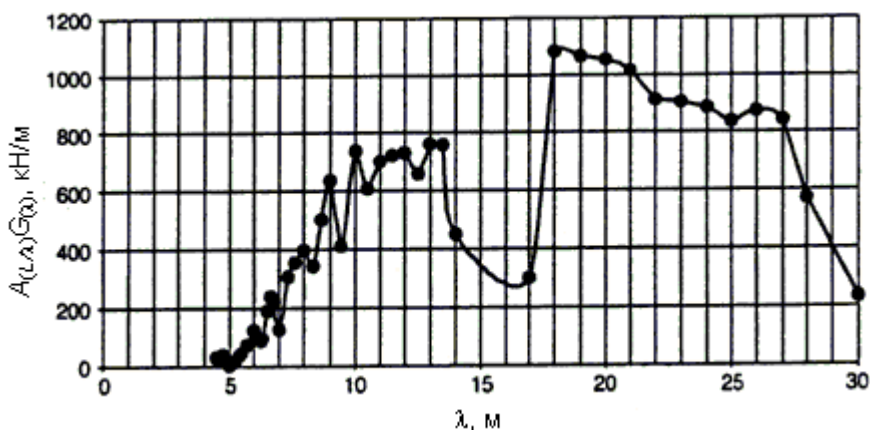


Рисунок Е.4 — Агрессивность  $A_{(L,\lambda)}G_{(\lambda)}$  как функция длины волны возбуждения  $\lambda$  для свободно опертого пролета  $L = 7,5$  м и коэффициента затухания  $\zeta = 0,01$

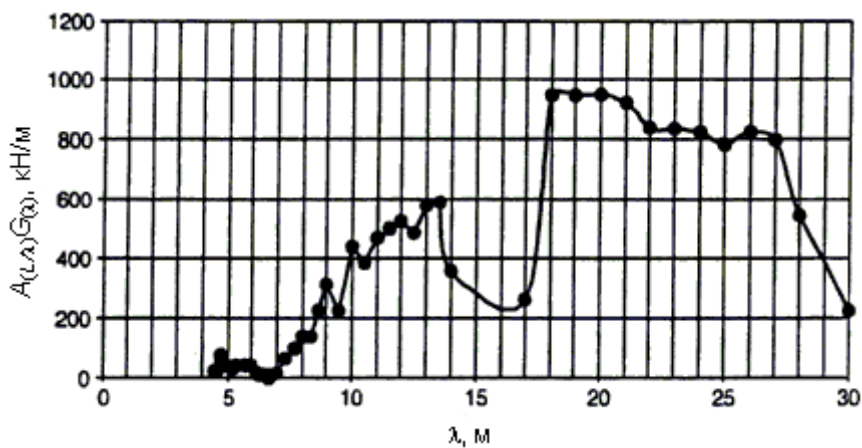


Рисунок Е.5 — Агрессивность  $A_{(L,\lambda)}G_{(\lambda)}$  как функция длины волны возбуждения  $\lambda$  для свободно опертого пролета  $L = 10,0$  м и коэффициента затухания  $\zeta = 0,01$

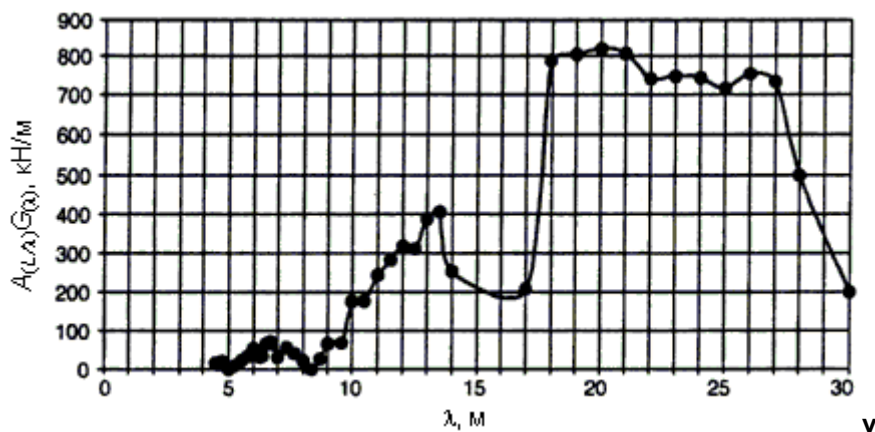


Рисунок Е.6 — Агрессивность  $A_{(L,\lambda)}G_{(\lambda)}$  как функция длины волны возбуждения  $\lambda$  для свободно опертого пролета  $L = 12,5$  м и коэффициента затухания  $\zeta = 0,01$

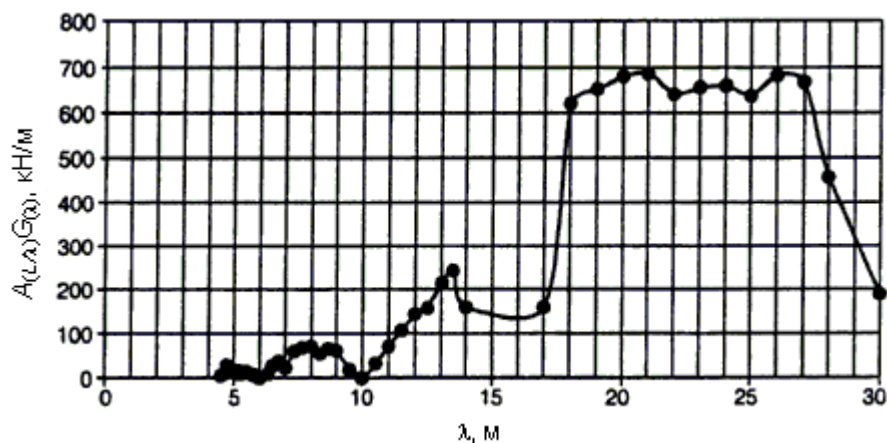


Рисунок Е.7 — Агрессивность  $A_{(L,\lambda)}G_{(\lambda)}$  как функция длины волны возбуждения  $\lambda$  для свободно опертого пролета  $L = 15,0$  м и коэффициента затухания  $\zeta = 0,01$

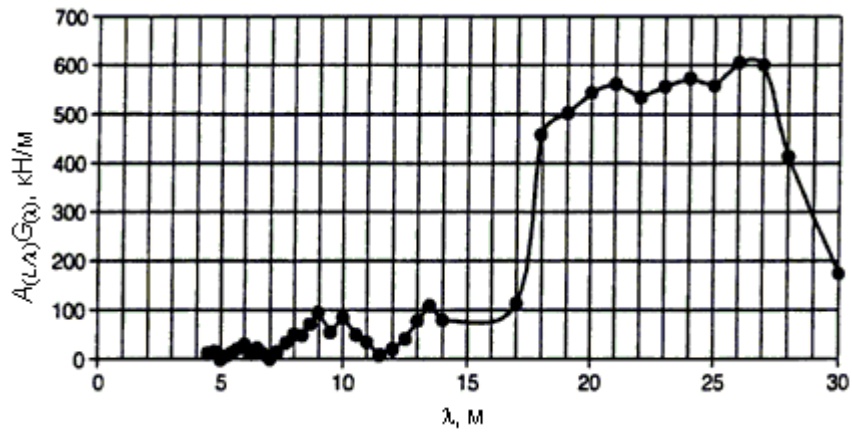


Рисунок Е.8 — Агрессивность  $A_{(L,\lambda)}G_{(\lambda)}$  как функция длины волны возбуждения  $\lambda$  для свободно опертого пролета  $L = 17,5$  м и коэффициента затухания  $\zeta = 0,01$

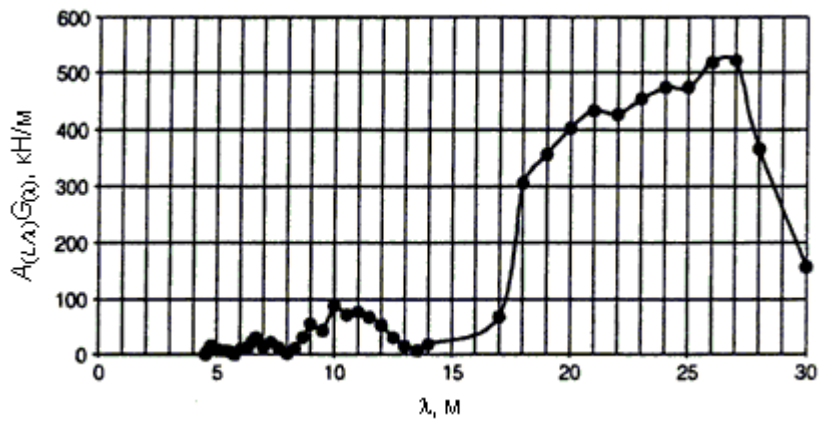


Рисунок Е.9 — Агрессивность  $A_{(L,\lambda)}G_{(\lambda)}$  как функция длины волны возбуждения  $\lambda$  для свободно опертого пролета  $L = 20,0$  м и коэффициента затухания  $\zeta = 0,01$

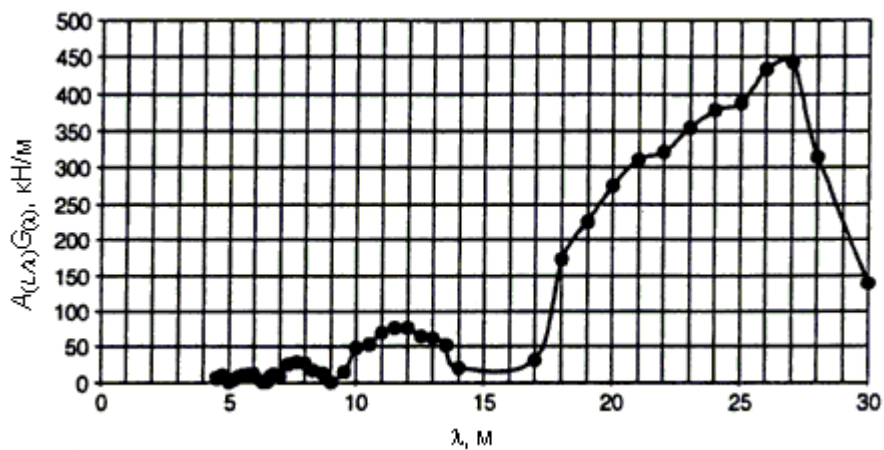


Рисунок Е.10 — Агрессивность  $A_{(L,\lambda)}G_{(\lambda)}$  как функция длины волны возбуждения  $\lambda$  для свободно опертого пролета  $L = 22,5$  м и коэффициента затухания  $\zeta = 0,01$



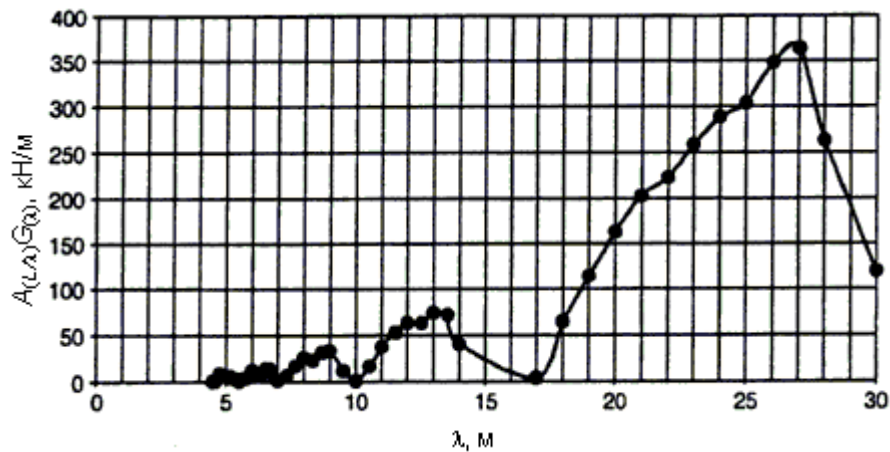


Рисунок Е.11 — Агрессивность  $A_{(L\lambda)}G_{(\lambda)}$  как функция длины волны возбуждения  $\lambda$  для свободно опертого пролета  $L = 25,0$  м и коэффициента затухания  $\zeta = 0,01$

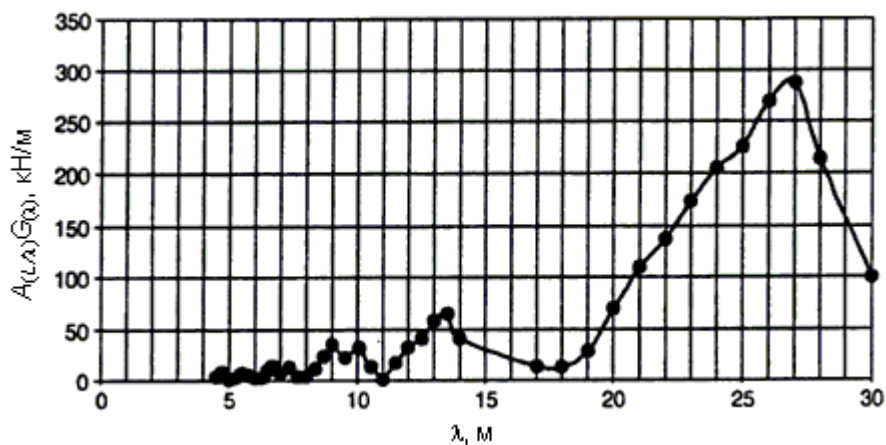


Рисунок Е.12 — Агрессивность  $A_{(L\lambda)}G_{(\lambda)}$  как функция длины волны возбуждения  $\lambda$  для свободно опертого пролета  $L = 27,5$  м и коэффициента затухания  $\zeta = 0,01$

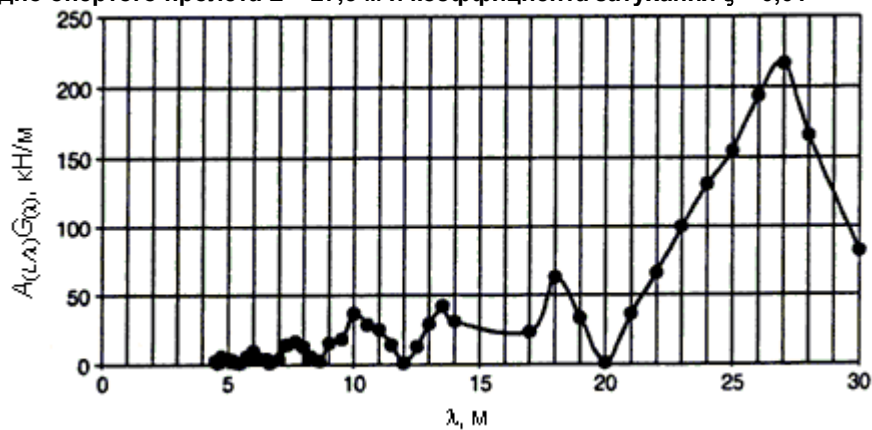


Рисунок Е.13 — Агрессивность  $A_{(L\lambda)}G_{(\lambda)}$  как функция длины волны возбуждения  $\lambda$  для свободно опертого пролета  $L = 30,0$  м и коэффициента затухания  $\zeta = 0,01$

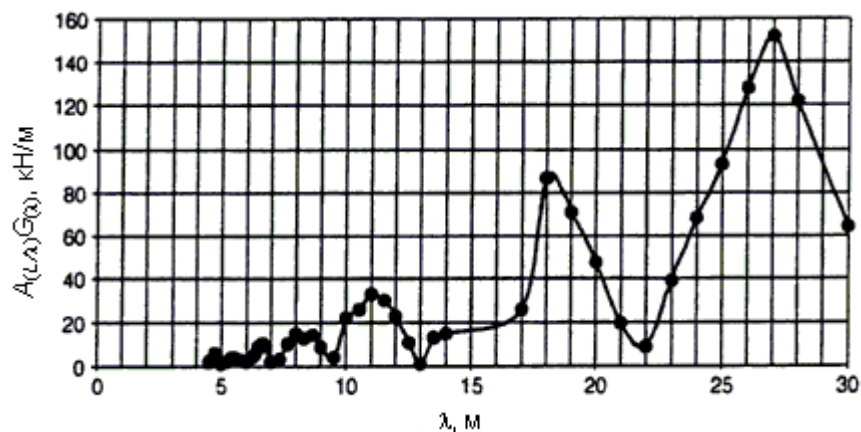


Рисунок Е.14 — Агрессивность  $A_{(L\lambda)}G_{(\lambda)}$  как функция длины волны возбуждения  $\lambda$  для свободно опертого пролета  $L = 32,5$  м и коэффициента затухания  $\zeta = 0,01$

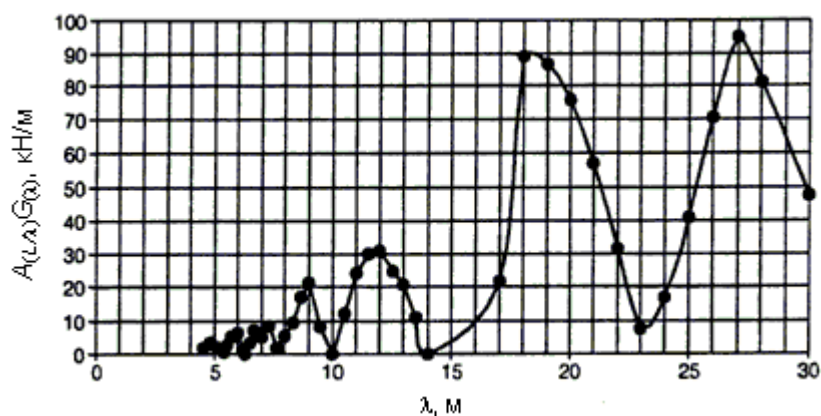


Рисунок Е.15 — Агрессивность  $A_{(L\lambda)}G_{(\lambda)}$  как функция длины волны возбуждения  $\lambda$  для свободно опертого пролета  $L = 35,0$  м и коэффициента затухания  $\zeta = 0,01$

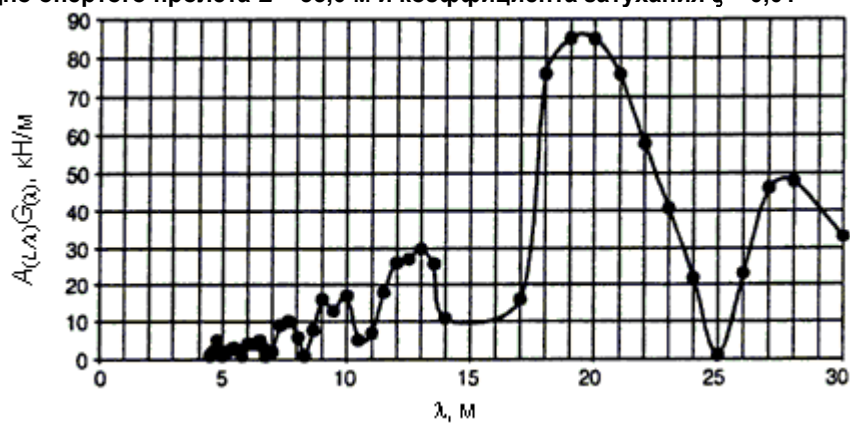


Рисунок Е.16 — Агрессивность  $A_{(L\lambda)}G_{(\lambda)}$  как функция длины волны возбуждения  $\lambda$  для свободно опертого пролета  $L = 37,5$  м и коэффициента затухания  $\zeta = 0,01$

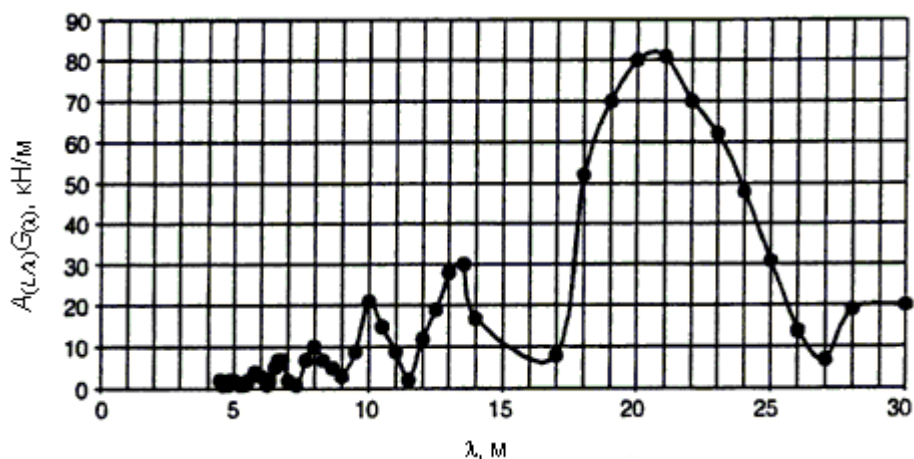


Рисунок Е.17 — Агрессивность  $A_{(L\lambda)}G_{(\lambda)}$  как функция длины волны возбуждения  $\lambda$  для свободно опертого пролета  $L = 40,0$  м и коэффициента затухания  $\zeta = 0,01$

(5) Критический универсальный поезд в модели HSLM-A определен на рисунке Е.18.



Рисунок Е.18 — Параметры, определяющие критический универсальный поезд в модели HSLM-A как функцию критической длины волны возбуждения  $\lambda_c$ , м

*Примечание* — Для значений  $\lambda_c < 7$  м рекомендуется, чтобы расчет на динамическую нагрузку был выполнен с универсальными поездами А1 – А10 включительно в соответствии с таблицей 6.3.

здесь  $D$  — длина промежуточных и конечных пассажирских вагонов, определенная на рисунке 6.12, м;

$d$  — межосевой интервал тележки для промежуточных и конечных пассажирских вагонов согласно рисунку 6.12, м;

$N$  — количество промежуточных пассажирских вагонов, определенное на рисунке 6.12;

$P_k$  — сосредоточенная сила в каждом осевом положении для промежуточных и конечных пассажирских вагонов и для каждого силового вагона дизельного поезда, определенная на рисунке 6.12, кН;

$\lambda_c$  — критическая длина волны возбуждения, заданная в разделе Е.2 (4), м.

(6) В качестве альтернативного подхода агрессивность  $A_{(L\lambda)}G_{(\lambda)}$ , кН/м, определяется уравнениями (Е.4) и (Е.5):

$$A_{(L/\lambda)} = \left| \frac{\cos\left(\frac{\pi l}{\lambda}\right)}{\left(\frac{2L}{\lambda}\right)^2 - 1} \right|; \quad (\text{E.4})$$

$$G_{(\lambda)} \cong \max_{i=0, \dots, M-1} \frac{1}{\zeta X_i} \cdot \sqrt{\left(\sum_{k=0}^i P_k \cos\left(\frac{2\pi x_k}{\lambda}\right)\right)^2 + \left(\sum_{k=0}^i P_k \sin\left(\frac{2\pi x_k}{\lambda}\right)\right)^2} \cdot \left(1 - \exp\left(-2\pi\zeta \frac{X_i}{\lambda}\right)\right), \quad (\text{E.5})$$

где  $i$  — индекс пробегает значения от 0 до  $(M - 1)$  для рассмотрения всех поездов, включая целый поезд;

$L$  — пролет, м;

$M$  — количество сосредоточенных сил в поезде;

$P_k$  — осевая нагрузка  $k$ , кН;

$X_i$  — длина поезда, содержащего  $i$  осей;

$x_k$  — расстояние сосредоточенной силы  $P_k$  от первой сосредоточенной силы  $P_0$  в поезде, м;

$\lambda$  — длина волны возбуждения, м;

$\zeta$  — коэффициент затухания.

## Приложение F (справочное)

### Критерии, которые должны удовлетворяться при отсутствии необходимости расчета на динамическую нагрузку

*Примечание* — Приложение F не применимо для модели нагрузки HSLM (приложение F действительно для поездов, описанных в разделе F(4)).

(1) Для свободно опертых конструкций, удовлетворяющих максимальному значению  $(v/n_0)_{\text{lim}}$ , приведенному в таблицах F.1 и F.2:

— максимальное воздействие динамической нагрузки (напряжения, прогибы и т. д.) и  
— нагружение для расчета выносливости при высоких скоростях (за исключением случаев, когда часто встречающиеся значения эксплуатационной скорости соответствуют резонансной скорости, причем в таких случаях специальный расчет на динамическую нагрузку и проверка выносливости должны быть выполнены в соответствии с 6.4.6) не превышают значений, обусловленных  $\Phi_2 \times$  модель нагрузки 71, дальнейший расчет на динамическую нагрузку не нужен и

— максимальное ускорение пролетного строения менее  $3,50 \text{ м/с}^2$  или менее  $5,0 \text{ м/с}^2$ , в зависимости от того что получено.

**Таблица F.1 — Предельное значение  $(v/n_0)_{\text{lim}}$  для свободно опертой балки или плиты и максимально допустимого ускорения  $a_{\text{max}} < 3,50 \text{ м/с}^2$**

Масса $m$ , $10^3 \text{ кг/м}$	$\geq 5,0$ $< 7,0$		$\geq 7,0$ $< 9,0$	$\geq 9,0$ $< 10,0$	$\geq 10,0$ $< 13,0$	$\geq 13,0$ $< 15,0$	$\geq 15,0$ $< 18,0$	$\geq 18,0$ $< 20,0$	$\geq 20,0$ $< 25,0$	$\geq 25,0$ $< 30,0$	$\geq 30,0$ $< 40,0$	$\geq 40,0$ $< 50,0$	$\geq 50,0$ -
	Пролет $L \in, \text{ м}^*$	$\xi$ , %	$v/n_0$ , м	$v/n_0$ , м	$v/n_0$ , м	$v/n_0$ , м	$v/n_0$ , м	$v/n_0$ , м	$v/n_0$ , м	$v/n_0$ , м	$v/n_0$ , м	$v/n_0$ , м	$v/n_0$ , м
[5,00; 7,50)	2		1,71	1,78	1,88	1,88	1,93	1,93	2,13	2,13	3,08	3,08	3,59
	4		1,71	1,83	1,93	1,93	2,13	2,24	3,03	3,08	3,38	3,54	4,31
[7,50; 10,0)	2		1,94	2,08	2,64	2,64	2,77	2,77	3,06	5,00	5,14	5,20	5,42
	4		2,15	2,64	2,77	2,98	4,93	5,00	5,14	5,21	5,35	5,62	6,53
[10,0; 12,5)	1		2,40	2,50	2,50	2,50	2,71	6,15	6,25	6,36	6,36	6,45	6,57
	2		2,50	2,71	2,71	5,83	6,15	6,25	6,36	6,36	6,45	6,45	7,29
[12,5; 15,0)	1		2,50	2,50	3,58	3,58	5,24	5,24	5,36	5,36	7,86	9,14	9,14
	2		3,45	5,12	5,24	5,24	5,36	5,36	7,86	8,22	9,53	9,76	10,48
[15,0; 17,5)	1		3,00	5,33	5,33	5,33	6,33	6,33	6,50	6,50	6,50	7,80	7,80
	2		5,33	5,33	6,33	6,33	6,50	6,50	10,17	10,33	10,33	10,50	12,40
[17,5; 20,0)	1		3,50	6,33	6,33	6,33	6,50	6,50	7,17	7,17	10,67	12,80	12,80
[20,0; 25,0)	1		5,21	5,21	5,42	7,08	7,50	7,50	13,54	13,54	13,96	14,17	14,38
[25,0; 30,0)	1		6,25	6,46	6,46	10,21	10,21	10,21	10,63	10,63	12,75	12,75	12,75
[30,0; 40,0)	1					10,56	18,33	18,33	18,61	18,61	18,89	19,17	19,17
$\geq 40,0$	1					14,73	15,00	15,56	15,56	15,83	18,33	18,33	18,33

\*  $L \in [a, b)$  означает  $a \leq L < b$ .

*Примечание 1* — Таблица F.1 включает запас прочности 1,2 на  $(v/n_0)_{\text{lim}}$  для ускорения, прогибов и критериев

прочности и значения запаса прочности 1,0 на  $(v/n_0)_{\text{lim}}$  для выносливости.

*Примечание 2* — Таблица F.1 включает допуск  $(1 + \varphi''/2)$  для дефектов рельсового пути.

Таблица F.2 — Предельное значение  $(v/n_0)_{\text{lim}}$  для свободно опертой балки или плиты и максимального допустимого ускорения  $a_{\text{max}} < 5,0 \text{ м/с}^2$

Масса $m$ $10^3 \text{ кг/м}$		$\geq 5,0$ $< 7,0$	$\geq 7,0$ $< 9,0$	$\geq 9,0$ $< 10,0$	$\geq 10,0$ $< 13,0$	$\geq 13,0$ $< 15,0$	$\geq 15,0$ $< 18,0$	$\geq 18,0$ $< 20,0$	$\geq 20,0$ $< 25,0$	$\geq 25,0$ $\geq 30,0$	$\geq 30,0$ $< 40,0$	$\geq 40,0$ $< 50,0$	$\geq 50,0$ $0$
Пролет $L \in, \text{ м}^*$	$\xi, \%$	$v/n_0, \text{ м}$	$v/n_0, \text{ м}$	$v/n_0, \text{ м}$	$v/n_0, \text{ м}$	$v/n_0, \text{ м}$	$v/n_0, \text{ м}$	$v/n_0, \text{ м}$	$v/n_0, \text{ м}$	$v/n_0, \text{ м}$	$v/n_0, \text{ м}$	$v/n_0, \text{ м}$	$v/n_0, \text{ м}$
		[5,00; 7,50)	2	1,78	1,88	1,93	1,93	2,13	2,13	3,08	3,08	3,44	3,54
	4	1,88	1,93	2,13	2,13	3,08	3,13	3,44	3,54	3,59	4,31	4,31	4,31
[7,50; 10,0)	2	2,08	2,64	2,78	2,78	3,06	5,07	5,21	5,21	5,28	5,35	6,33	6,33
	4	2,64	2,98	4,86	4,93	5,14	5,21	5,35	5,42	6,32	6,46	6,67	6,67
[10,0; 12,5)	1	2,50	2,50	2,71	6,15	6,25	6,36	6,36	6,46	6,46	6,46	7,19	7,19
	2	2,71	5,83	6,15	6,15	6,36	6,46	6,46	6,46	7,19	7,19	7,75	7,75
[12,5; 15,0)	1	2,50	3,58	5,24	5,24	5,36	5,36	7,86	8,33	9,14	9,14	9,14	9,14
	2	5,12	5,24	5,36	5,36	7,86	8,22	9,53	9,64	10,36	10,36	10,48	10,48
[15,0; 17,5)	1	5,33	5,33	6,33	6,33	6,50	6,50	6,50	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80
	2	5,33	6,33	6,50	6,50	10,33	10,33	10,50	10,50	10,67	10,67	12,40	12,40
[17,5; 20,0)	1	6,33	6,33	6,50	6,50	7,17	10,67	10,67	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80
[20,0; 25,0)	1	5,21	7,08	7,50	7,50	13,54	13,75	13,96	14,17	14,38	14,38	14,38	14,38
[25,0; 30,0)	1	6,46	10,20	10,42	10,42	10,63	10,63	12,75	12,75	12,75	12,75	12,75	12,75
[30,0; 40,0)	1				18,33	18,61	18,89	18,89	19,17	19,17	19,17	19,17	19,17
$\geq 40,0$	1				15,00	15,56	15,83	18,33	18,33	18,33	18,33	18,33	18,33

\*  $L \in [a, b)$  означает  $a \leq L < b$ .

Примечание 1 — Таблица F.1 включает запас прочности 1,2 на  $(v/n_0)_{\text{lim}}$  для ускорения, прогибов и критериев прочности и значения запаса прочности 1,0 на  $(v/n_0)_{\text{lim}}$  для выносливости.

Примечание 2 — Таблица F.1 включает допуск  $(1 + \varphi''/2)$  для дефектов рельсового пути.

В таблицах F.1 и F.2:

$L$  — длина пролета моста, м;

$m$  — масса моста,  $10^3 \text{ кг/м}$ ;

$\xi$  — критическое демпфирование, %;

$V$  — максимальная номинальная скорость и максимальная линейная скорость на данном участке. Уменьшенная скорость может использоваться для проверки отдельных реальных поездов на связанную с ними максимальную разрешенную скорость транспортного средства, м/с;

$n_0$  — первая собственная частота пролета, Гц;

$\Phi_2$  и  $\varphi''$  определены в 6.4.5.2 и приложении С.

(2) Таблицы F.1 и F.2 применимы для:

— свободно опертых пролетов с незначительным влиянием наклона, которые могут моделироваться как линейная балка или плита на жестких опорах. Таблицы F.1 и F.2 не применимы к мостам с ездой посередине и мостам со сквозными фермами с мостовым полотном незначительной толщины или к другим составным конструкциям, которые не могут быть адекватно представлены линейной балкой или плитой;

— мостов, где рельсовый путь и высота сечения конструкции до нейтральной оси, определяемая от вершины плиты проезда, достаточны для того, чтобы распределить сосредоточенные осевые нагрузки на расстоянии, равном 2,50 м;

— типов поездов, перечисленных в F(4);

— конструкций, рассчитанных на нормативные значения вертикальных нагрузок или классифицированных вертикальных нагрузок с  $\alpha \geq 1$  в соответствии с 6.3.2;

— тщательно обслуживаемого рельсового пути;

— пролетов с собственной частотой  $n_0$  менее верхнего предельного значения на рисунке 6.10;

— конструкций с частотой крутильных колебаний  $n_T$ , удовлетворяющей выражению  $n_T > 1,2n_0$ .

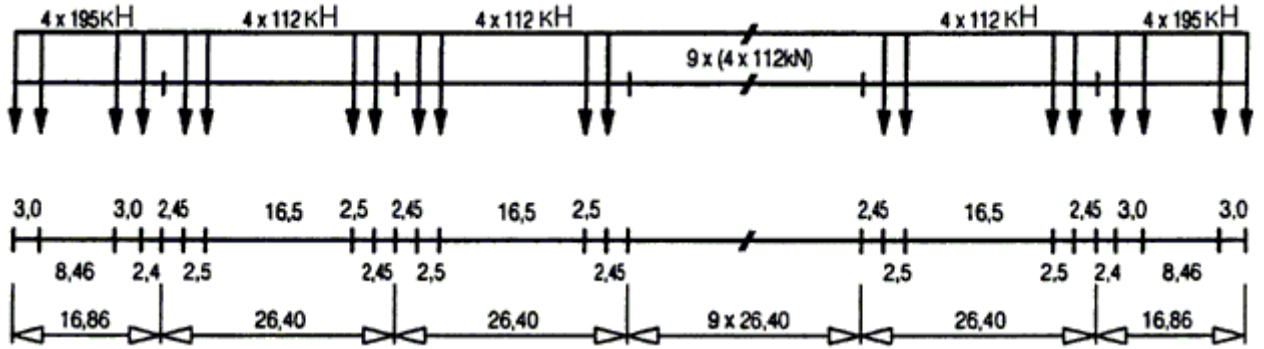
(3) Если вышеуказанные критерии не выполняются, то должен быть выполнен расчет на динамическую нагрузку в соответствии с 6.4.6.

(4) Приведенные ниже реальные поезда использовались при разработке критериев в 6.4 и в приложении F (кроме модели нагрузки HSLM, которая основана на типах поездов, разрешенных в соответствии с соответствующими критериями эксплуатационной совместности)



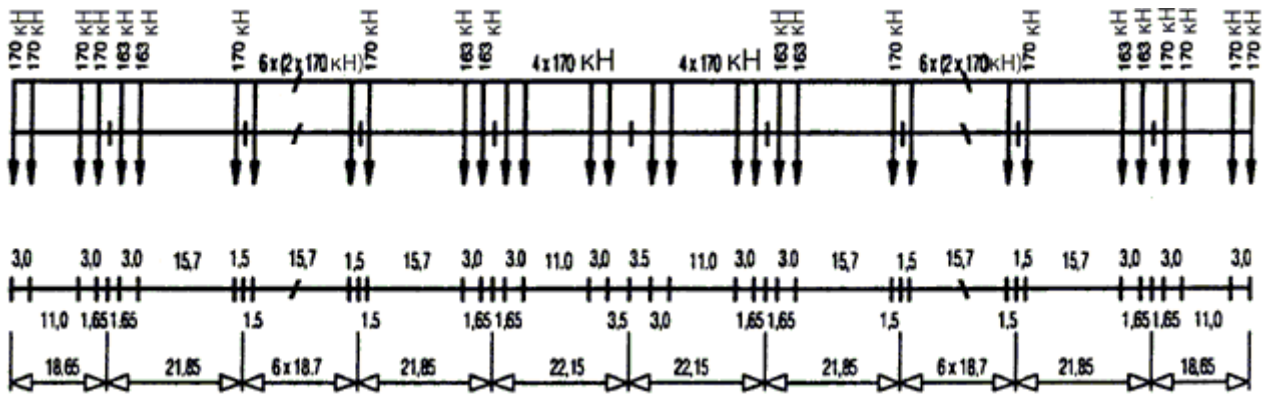
**Тип А**

$\Sigma Q = 6936 \text{ кН}; V = 350 \text{ км/ч}; L = 350,52 \text{ м}; q = 18,8 \text{ кН/м}$



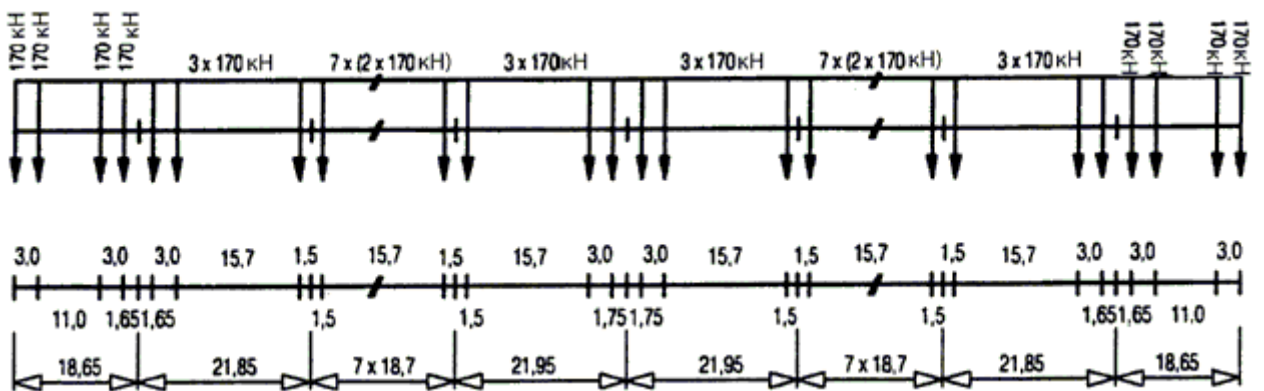
**Тип В**

$\Sigma Q = 8784 \text{ кН}; V = 350 \text{ км/ч}; L = 393,34 \text{ м}; q = 22,3 \text{ кН/м}$



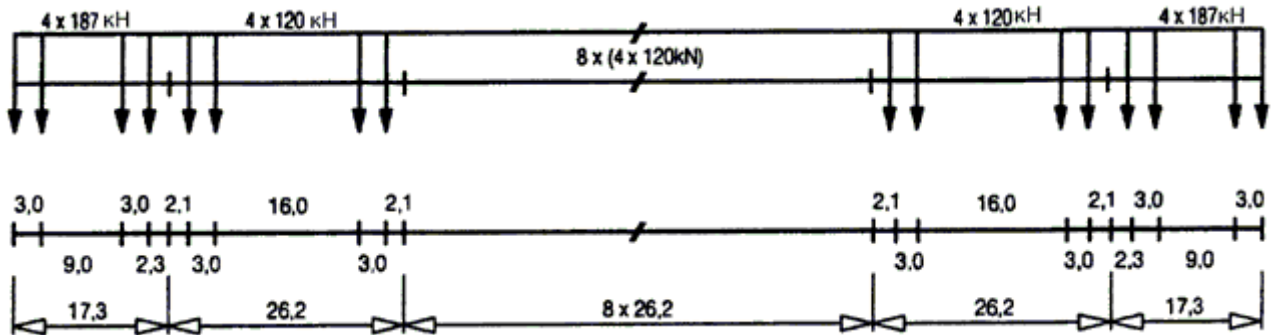
**Тип С**

$\Sigma Q = 8160 \text{ кН}; V = 350 \text{ км/ч}; L = 386,67 \text{ м}; q = 21,1 \text{ кН/м}$



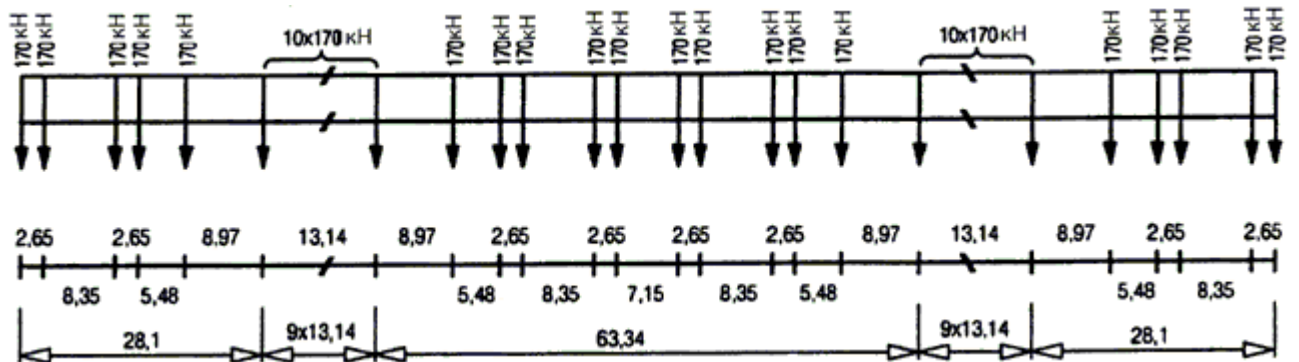
**Тип D**

$\Sigma Q = 6296 \text{ кН}$ ;  $V = 350 \text{ км/ч}$ ;  $L = 295,70 \text{ м}$ ;  $q = 21,3 \text{ кН/м}$



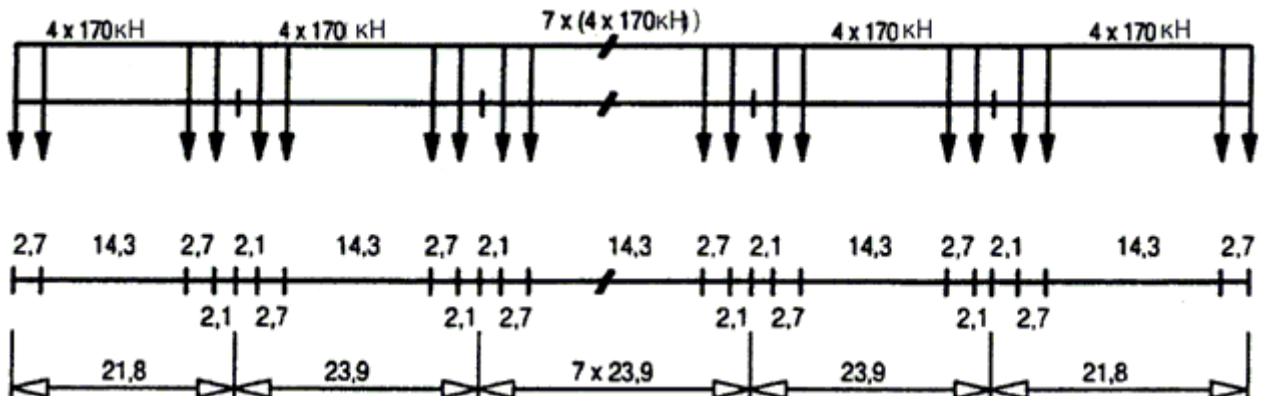
**Тип E**

$\Sigma Q = 6800 \text{ кН}$ ;  $V = 350 \text{ км/ч}$ ;  $L = 356,05 \text{ м}$ ;  $q = 19,1 \text{ кН/м}$



**Тип F**

$\Sigma Q = 7480 \text{ кН}$ ;  $V = 350 \text{ км/ч}$ ;  $L = 258,70 \text{ м}$ ;  $q = 28,9 \text{ кН/м}$



## Приложение G (справочное)

### Метод определения суммарной реакции конструкции и рельсовых путей на временные нагрузки

#### G.1 Введение

(1) Ниже описан метод определения суммарной реакции конструкции и рельсовых путей на временные нагрузки, предназначенный для:

- свободно опертых или неразрезных конструкций, состоящих из единственного пролетного строения моста (G3);
- конструкций, состоящих из системы свободно опертых пролетных строений (G4);
- конструкций, состоящих из системы неразрезных цельных пролетных строений (G4).

(2) В каждом из этих случаев приведены требования для:

— определения максимально допустимой длины теплового расширения  $L_{TP}$ , которая соответствует максимально допустимым дополнительным напряжениям рельсов, описанным в 6.5.4.5.1(1) или максимально допустимой деформации конструкции, рассмотренной в 6.5.4.5.2(1) и обусловленной тягой и торможением, рассмотренными в 6.5.4.5.2(2), и обусловленной вертикальными транспортными воздействиями. Если предложенная длина расширения  $L_T$  превышает допустимую длину расширения  $L_{TP}$ , то должны быть предусмотрены устройства компенсации удлинения рельсов или должен быть выполнен более строгий расчет в соответствии с требованиями 6.5.4.1 – 6.5.4.5;

— определения продольных воздействий на неподвижные опорные части пролетного строения, задаваемых:

- тяговыми усилиями и силами торможения;
- колебаниями температуры;
- углом поворота конца пролета вследствие вертикальных нагрузок от транспортных средств.

(3) Во всех случаях отдельную проверку следует выполнять с максимальным вертикальным смещением верхней поверхности плиты проезда, приведенную в 6.5.4.5.2(3).

#### G.2 Пределы применимости метода расчета

(1) Конструкция рельсовых путей:

- рельс марки UIC 60 с пределом прочности 900 Н/мм<sup>2</sup>;
- тяжелые бетонные шпалы с максимальным интервалом 65 см или эквивалентная конструкция рельсовых путей;
- как правило, 30 см хорошо уплотненного балласта под шпалами;
- прямой рельсовый путь или радиус рельсовых путей  $r \leq 1500$  м.

(2) Конфигурация моста:

- длина участка температурной плети  $L_T$ :
  - для стальных конструкций  $L_T \leq 60$  м;
  - для железобетонных и сталежелезобетонных конструкций  $L_T \leq 90$  м.

(3) Сопротивление  $k$  рельсовых путей продольному упругому сдвигу:

- разгруженный рельсовый путь —  $k = 20 - 40$  кН на метр рельсовых путей;
- нагруженный рельсовый путь —  $k = 60$  кН на метр рельсовых путей.

(4) Вертикальная транспортная нагрузка:

- модель нагрузки 71 (и, если это требуется, модель нагрузки SW/0) со значением  $\alpha = 1$  в соответствии с разделом 6.3.2(3);
- модель нагрузки SW/2.

*Примечание* — Метод действителен для тех значений  $\alpha$ , где воздействие нагрузки от  $\alpha \times LM71$  менее (или равно) воздействия от модели SW/2.

(5) Нагрузки, возникающие вследствие торможения:

— для модели нагрузки 71 (и, если это требуется, для модели нагрузки SW/0) и модели нагрузки HSLM:

$q_{lbk} = 20$  кН/м, ограниченное максимумом  $Q_{lbk} = 6000$  кН;

— для модели нагрузки SW/2:

$q_{lbk} = 35$  кН/м.

(6) Нагрузки, возникающие вследствие тяговых усилий:

—  $q_{lak} = 33$  кН/м, ограниченное максимумом  $Q_{lak} = 1000$  кН.

(7) Нагрузки, возникающие вследствие колебаний температуры:

— колебания температуры пролетного строения  $\Delta T_D \leq 35$  К;

— колебания температуры рельсов  $\Delta T_R \leq 50$  К;

— максимальная разность температур между рельсами и пролетным строением, К:

$$|\Delta T_D - \Delta T_R| \leq 20. \quad (G.1)$$

### G.3 Конструкции, состоящие из единственного пролетного строения моста

(1) Первоначально, без учета суммарной реакции конструкции и рельсовых путей на временные нагрузки, должны быть определены следующие значения:

— длина температурной плиты  $L_T$ , следует проверить, что  $L_T \leq \max L_T$  согласно G.2(2) и рисунку 6.17;

— жесткость  $K$  опор моста в расчете на один рельсовый путь согласно 6.5.4.2;

— продольное перемещение верхнего края плиты проезда пролетного строения вследствие деформации пролета, мм:

$$\delta = \Theta H, \quad (G.2)$$

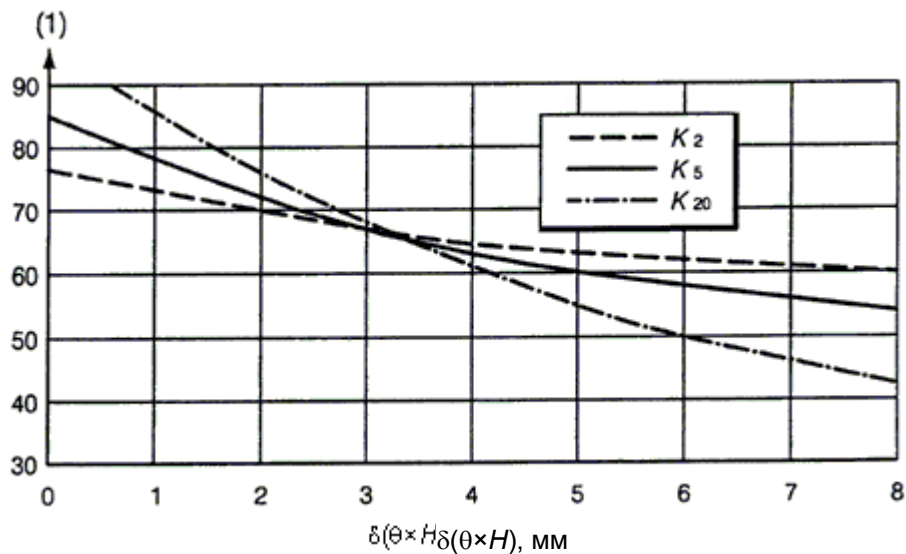
где  $\Theta$  — угол поворота пролета, рад;

$H$  — высота между (горизонтальной) осью вращения (неподвижной) опорной частью пролетного строения и поверхностью плиты проезда пролетного строения, мм.

(2) Для пар значений (разгруженный/нагруженный рельсовый путь) сопротивления продольному упругому сдвигу рельсового пути  $k = 20/60$  кН на метр рельсового пути и  $k = 40/60$  кН на метр рельсового пути при коэффициенте линейного температурного расширения  $\alpha_T = 10E-6, 1/K$ , или  $\alpha_T = 12E-6, 1/K$ , максимально допустимая длина температурной плиты  $L_{TP}$ , м, приведена на рисунках G.1 – G.4.

Если точка  $(L_T, \delta)$ , описывающая длину температурной плиты и продольное перемещение конца пролета, вызванное вертикальными транспортными нагрузками, лежит ниже соответствующей или интерполированной кривой, относящейся к продольной жесткости  $K$  опор моста, то удовлетворяются максимально допустимые дополнительные напряжения рельсов, приведенные в 6.5.4.5.1(1), и максимальная допустимая деформация конструкции, описанная в 6.5.4.5.2(1), вызванная тягой и торможением, описанная в 6.5.4.5.2(2) и вызванная вертикальными транспортными воздействиями.

Если это условие не соблюдается, то в качестве альтернативного подхода может быть выполнен анализ в соответствии с требованиями 6.5.4.2 – 6.5.4.5 или предусмотрены устройства компенсации удлинения рельсов.



(1) — максимально допустимая длина температурной плиты  $L_{TP}$ , м  
 $k$  — сопротивление продольному упругому сдвигу рельсовых путей, кН на метр рельсовых путей:

для разгруженных рельсовых путей  
 —  $k_{20} = 20$  кН на метр рельсовых путей и  $k_{40} = 40$  кН на метр рельсовых путей;  
 для нагруженных рельсовых путей  
 —  $k_{60} = 60$  кН на метр рельсовых путей;

$K$  — жесткость опор моста в расчете на рельсовый путь и на метр пролетного строения (т. е. жесткость опор моста, разделенная на количество рельсовых путей и длину пролетного строения), кН/м:

$K_2 = 2E3$  кН/м;

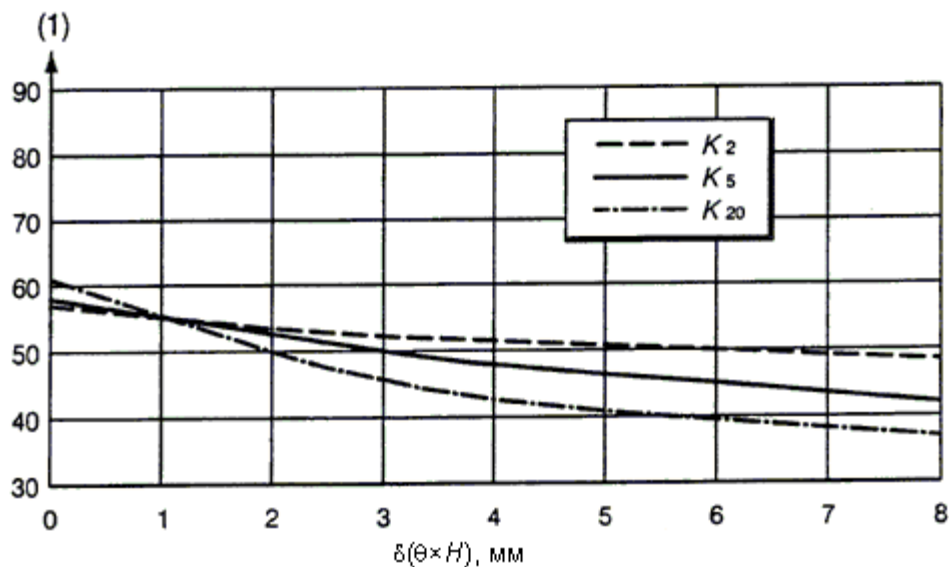
$K_5 = 5E3$  кН/м;

$K_{20} = 20E3$  кН/м;

$\alpha_T$  — коэффициент линейного температурного расширения,  $1/K$ ;

$\delta(\theta H)$  — горизонтальное перемещение верхней грани плиты проезда пролетного строения вследствие поворота торца пролетного строения, мм.

**Рисунок G.1 — Допустимая область напряжений в рельсах на мостах со свободно опертым пролетным строением при  $\alpha_T = 10E-6, 1/K$ ;  $\Delta T = 35, K$ ;  $k_{20}/k_{60} = 20/60$ , кН/м**



(1) — максимально допустимая длина температурной плиты  $L_{TP}$ , м  
 $k$  — сопротивление продольному упругому сдвигу рельсовых путей, кН на метр рельсовых путей:

для разгруженных рельсовых путей

—  $k_{20} = 20$  кН на метр рельсовых путей и  $k_{40} = 40$  кН на метр рельсовых путей;

для нагруженных рельсовых путей

—  $k_{60} = 60$  кН на метр рельсовых путей;

$K$  — жесткость опор моста в расчете на рельсовый путь и на метр пролетного строения (т. е. жесткость опор моста, разделенная на количество рельсовых путей и длину пролетного строения), кН/м:

$K_2 = 2E3$  кН/м;

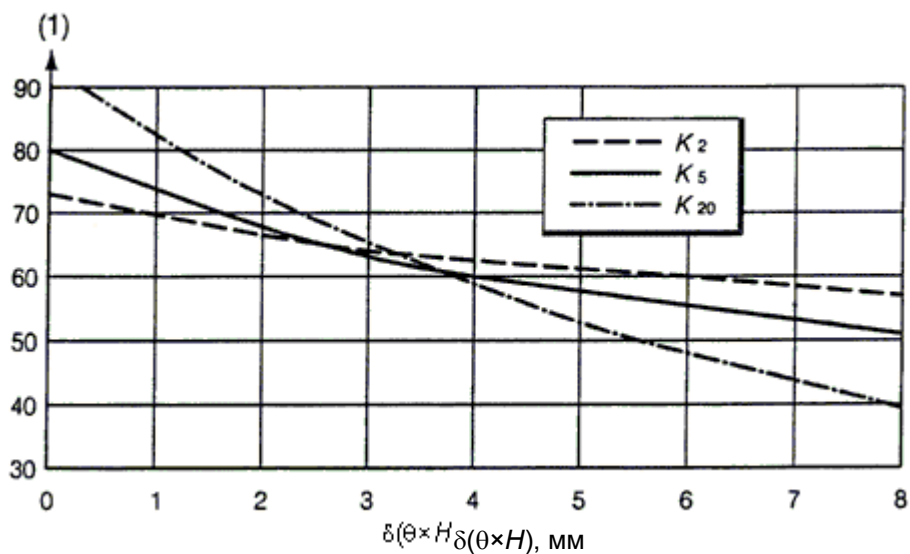
$K_5 = 5E3$  кН/м;

$K_{20} = 20E3$  кН/м;

$\alpha_T$  — коэффициент линейного температурного расширения,  $1/K$ ;

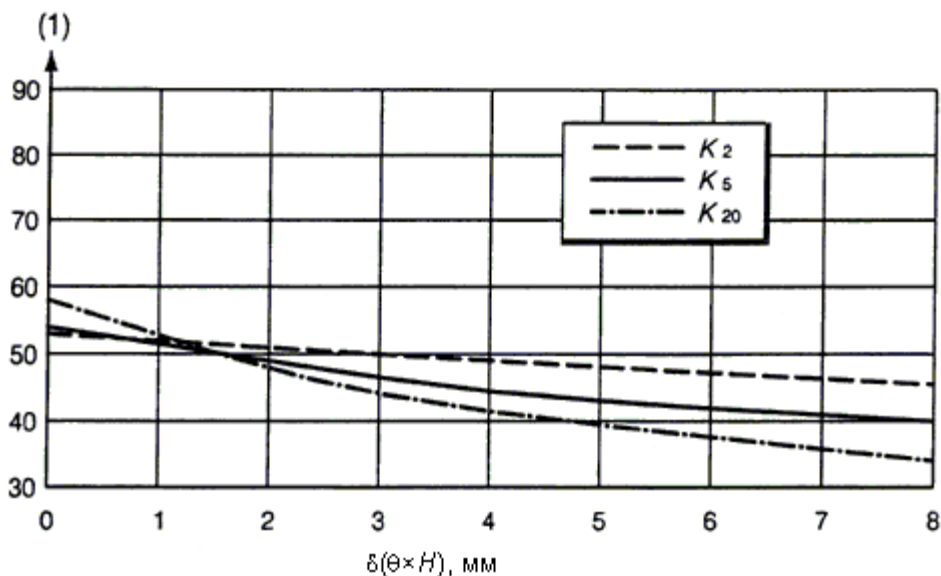
$\delta(\theta H)$  — горизонтальное перемещение верхней грани плиты проезда пролетного строения вследствие поворота торца пролетного строения, мм.

**Рисунок G.2 — Допустимая область напряжений в рельсах на мостах со свободно опертым пролетным строением при  $\alpha_T = 10E-6, 1/K$ ;  $\Delta T = 35, K$ ;  $k_{40}/k_{60} = 40/60$ , кН/м**



- (1) — максимально допустимая длина температурной плиты  $L_{TP}$ , м  
 $k$  — сопротивление продольному упругому сдвигу рельсовых путей, кН на метр рельсовых путей:  
 для разгруженных рельсовых путей  
 —  $k_{20} = 20$  кН на метр рельсовых путей и  $k_{40} = 40$  кН на метр рельсовых путей;  
 для нагруженных рельсовых путей  
 —  $k_{60} = 60$  кН на метр рельсовых путей;  
 $K$  — жесткость опор моста в расчете на рельсовый путь и на метр пролетного строения (т. е. жесткость опор моста, разделенная на количество рельсовых путей и длину пролетного строения), кН/м:  
 $K_2 = 2E3$  кН/м;  
 $K_5 = 5E3$  кН/м;  
 $K_{20} = 20E3$  кН/м;  
 $\alpha_T$  — коэффициент линейного температурного расширения,  $1/K$ ;  
 $\delta(\theta H)$  — горизонтальное перемещение верхней грани плиты проезда пролетного строения вследствие поворота торца пролетного строения, мм..

**Рисунок G.3 — Допустимая область напряжений в рельсах на мостах со свободно опертым пролетным строением при  $\alpha_T = 12E-6$ ,  $1/K$ ;  $\Delta T = 35$ ,  $K$ ;  $k_{20}/k_{60} = 20/60$ , кН/м**



(1) — максимально допустимая длина температурной плиты  $L_{TP}$ , м  
 $k$  — сопротивление продольному упругому сдвигу рельсовых путей, кН на метр рельсовых путей:

для разгруженных рельсовых путей  
 —  $k_{20} = 20$  кН на метр рельсовых путей и  $k_{40} = 40$  кН на метр рельсовых путей;

для нагруженных рельсовых путей  
 —  $k_{60} = 60$  кН на метр рельсовых путей;

$K$  — жесткость опор моста в расчете на рельсовый путь и на метр пролетного строения (т. е. жесткость опор моста, разделенная на количество рельсовых путей и длину пролетного строения), кН/м:

$$K_2 = 2E3 \text{ кН/м};$$

$$K_5 = 5E3 \text{ кН/м};$$

$$K_{20} = 20E3 \text{ кН/м};$$

$\alpha_T$  — коэффициент линейного температурного расширения,  $1/K$ ;

$\delta(\theta H)$  — горизонтальное перемещение верхней грани плиты проезда пролетного строения вследствие поворота торца пролетного строения, мм..

**Рисунок G.4 — Допустимая область напряжений в рельсах на мостах со свободно опертым пролетным строением при  $\alpha_T = 10E-6, 1/K$ ;  $\Delta T = 35, K$ ;  $k_{40}/k_{60} = 40/60$ , кН/м**

(3) Воздействия в продольном направлении моста на опорные части пролетного строения (неподвижные), вызванные тяговыми усилиями и силами торможения, колебаниями температуры и деформацией пролета под вертикальными нагрузками от транспортных средств, должны быть определены по формулам, приведенным в таблице G.1. Эти формулы применимы для одного рельсового пути. Для двух рельсовых путей или больше с жесткостью опоры  $K_U$  воздействия на неподвижные опорные части пролетного строения могут быть определены, если принять жесткость опоры равной  $K = K_U/2$  и умножить результаты расчета по формуле для одного рельсового пути на 2.



**Таблица G.1 — Воздействия на неподвижные опорные части пролетного строения в продольном направлении моста<sup>1)</sup>**

Вид нагрузки	Предел применимости	Неразрезные сварные рельсы	С одним устройством компенсации удлинения рельсов
Торможение <sup>5)</sup>	$L \geq 50 \text{ м}^{1)}$	$82,10^{-3} L^{0,9} K^{0,4 2)}$	$2,26^{-3} L^{1,1} K^{0,1 2)}$
	$L \leq 30 \text{ м}^{4)}$	$126,10^{-3} L^{0,9} K^{0,4}$	$3,51^{-3} L^{1,1} K^{0,1}$
Вид нагрузки	Предел применимости	Неразрезные сварные рельсы	С одним устройством компенсации удлинения рельсов
Температура	$20 \leq k \leq 40$	$(0,34 + 0,013k)L^{0,95} K^{0,25 3)}$	$800 + 0,5L + 0,01K/L^{3)}$ для $L \geq 60$ ; $20L$ для $L \leq 40$ Интерполированные значения для $40 < L < 60$
Кручение конца	Мост с ездой поверху	$0,11L^{0,22} K^{0,5} \cdot (1,1 - \beta) \cdot \theta H^{0,86}$	То же, как для неразрезного сварного рельса
	Мост с ездой понизу и мост с ездой посередине	$0,11L^{0,22} K^{0,5} \cdot (1,1 - \beta) \cdot \theta H$	То же, как для неразрезного сварного рельса
<sup>1)</sup> Если устройства компенсации удлинения рельсов имеются на обоих концах пролета, все тяговые усилия и тормозные силы воспринимаются неподвижными опорными частями пролетного строения. Воздействия на неподвижные опорные части пролетного строения, возникающие вследствие колебаний температуры и поворота конца пролета, возникающее вследствие вертикального прогиба, зависят от конфигурации конструкции и соответствующей длины температурных плетей. <sup>2)</sup> Сила торможения, приложенная к неподвижным опорным частям пролетного строения, ограничена максимальным значением в 6000 кН на один рельсовый путь. <sup>3)</sup> Если устройства компенсации удлинения рельсов имеются для всех рельсов на одном конце пролета, то сила, приложенная к неподвижным опорным частям пролетного строения и вызванная колебаниями температуры, имеет предельное значение 1340 кН, <sup>4)</sup> Для значений $L$ в диапазоне $30 < L < 50$ м для оценки воздействия тормозных сил может использоваться линейная интерполяция. <sup>5)</sup> Формулы для тормозных сил учитывают влияние тяговых усилий.			

В таблице:

$K$  — жесткость опоры, как определено выше, кН/м;

$L$  — зависит от конфигурации конструкции и типа переменного воздействия:

— для свободно опертого пролетного строения с неподвижной опорной частью на одном конце

$$L = L_T;$$

— для неразрезного пролетного строения с несколькими пролетами и неподвижной опорной частью на одном конце:

для «торможения»

$$L = L_{\text{Deck}} \text{ (общая длина пролета);}$$

для «температуры»

$$L = L_T;$$

— для «поворота торца пролетного строения вследствие вертикальных нагрузок от транспортных средств»:

$$L \text{ — длина пролета, примыкающего к неподвижной опоре;}$$

— для неразрезного пролетного строения с несколькими пролетами и неподвижной опорной частью в промежуточном положении:

для «торможения»

$$L \text{ — } L_{\text{Deck}} \text{ (общая длина пролета);}$$

для «температуры»

— воздействия, возникающие вследствие колебаний температуры, могут быть определены как алгебраическая сумма опорных реакций двух статических постановок,

- полученных путем разделения пролетного строения на участки с неподвижными опорными частями, чтобы каждое пролетное строение имело неподвижную опорную часть в промежуточном опорном положении;
- для «поворота конца пролетного строения, из-за вертикальных нагрузок от транспортных средств»:

$L$  — длина самого длинного пролета при неподвижной опорной части;

$\beta$  — отношение расстояния между нейтральной осью и поверхностью плиты проезжей части к высоте.

#### Г.4 Конструкции, состоящие из системы пролетных строений

(1) В дополнение к пределам применимости, приведенным в разделе Г.3, действуют следующие пределы применимости:

— рельсовый путь на мосту и, как правило, на протяжении 100 м на насыпях с обеих сторон моста состоит из длинного сварного рельса без устройства компенсации удлинения;

— у всех пролетов одно и то же условия опирания (неподвижное опирание на одном и том же конце, а не на одной и той же промежуточной опоре);

— одна неподвижная опорная часть пролетного строения расположена на устое;

— длина каждого пролетного строения отличается не более, чем на 20 % от среднего значения длины пролетного строения;

— длина температурной плиты  $L_T$  каждого пролетного строения менее 30 м, если  $\Delta T_D = 35$  К, или менее 60 м, если  $\Delta T_D = 20$  К и есть незначительная вероятность присутствия замороженного балласта. (Если максимальные колебания температуры пролетов имеют промежуточные значения между 20 К и 35 К, с незначительной вероятностью присутствия замороженного балласта, то максимальный предел  $L_T$  может быть интерполирован между 30 и 60 м);

— жесткость неподвижного опирания превышает  $2E3 \times L_T$ , кН на метр рельсового пути, — для одного рельсового пути, для  $L_T = 30$  м и  $3E3 \times L_T$ , кН на метр рельсового пути, — для одного рельсового пути, для  $L_T = 60$  м, умноженных на количество рельсовых путей, где  $L_T$  задается в метрах;

— жесткость каждого неподвижного опирания (за исключением неподвижной опоры на береговом устое) не отличается более, чем на 40 % от среднего значения жесткости опирания;

— максимальное продольное перемещение, вызванное деформацией верха плиты проезда, несущей рельсовый путь, по отношению к примыкающему устою, рассчитанное без учета суммарной реакции конструкции и рельсовых путей на временные нагрузки, составляет менее 10 мм;

— сумма абсолютных перемещений, вызванных деформацией по верху плиты проезда, несущей рельсовый путь, для двух следующих друг за другом концов пролета, оцененная без учета суммарной реакции конструкции и рельсовых путей на временные нагрузки, составляет менее 15 мм.

(2) Продольные опорные реакции  $F_{Lj}$  на колебания температуры, тяговые усилия и силы торможения, и деформация пролета могут быть определены следующим образом:

Воздействия  $F_{L0}$  на неподвижной опорной части пролетного строения  $j = 0$  на устое:

— вызванные колебаниями температуры:

$F_{L0}(\Delta T)$  определяется при учете единственного пролетного строения длиной  $L_1$  первого пролета;

— вызванные торможением и ускорением:

$$F_{L0} = kq_{lbk}(q_{lak})L_1, \quad (G3)$$

где  $k = 1$ , если жесткость устоя совпадает с жесткостью промежуточных опор;  
 $k = 1,5$ , если жесткость устоя, как правило, в 5 раз больше жесткости промежуточных опор;

$k$  — может быть интерполировано для промежуточной жесткости;  
 $q_{lak}$ ,  $q_{lbk}$  — воздействия, возникающие вследствие тяги и торможения согласно разделам G.2(5) и G.2(6);

$L_1$  — длина пролета, опертго на неподвижную опорную часть, м;  
 — вызванные деформацией пролета:

$$F_{L0}(q_V) = F_{L0}(\Theta H) \text{ и} \quad (G.4)$$

определенной в соответствии с разделом G.3 для мостов с ездой поверху (единственный пролет), где  $\Theta H$  принимается в мм.

Воздействия на неподвижные опорные части на промежуточных опорах должны быть определены в соответствии с таблицей G.2.

**Таблица G.2 — Формулы для вычисления реакций опоры для последовательности пролетных строений**

Опора $j=0 \dots n$	Изменение температуры $F_{Lj}(\Delta T)$	Тяга/торможение $F_{Lj}(q_L)$	Деформация пролета $F_{Lj}(\Theta H)$
Устой с первой неподвижной опорной частью пролетного строения $j=0$	$F_{L0}(\Delta T)$	$F_{L0}(q_L) = kq_L L_0$	$F_{L0}(\Theta H)$
Опора $j=0 \dots n$	Изменение температуры $F_{Lj}(\Delta T)$	Тяга/торможение $F_{Lj}(q_L)$	Деформация пролета $F_{Lj}(\Theta H)$
Первая промежуточная опора $j=1$	$F_{L1}(\Delta T) = 0,2 F_{L0}(\Delta T)$	$F_{L2}(q_L) = q_L L_1$	$F_{L1}(\Theta H) = 0$
Средние промежуточные опоры $j=m$	$F_{Lm}(\Delta T) = 0$	$F_{Lm}(q_L) = q_L L_m$	$F_{Lm}(\Theta H) = 0$
$(n-1)$ промежуточная опора $j=(n-1)$	$F_{L(n-1)}(\Delta T) = 0,1 F_{L0}(\Delta T)$	$F_{L(n-1)}(q_L) = q_L L_{(n-1)}$	$F_{L(n-1)}(\Theta H) = 0$
$n$ промежуточная опора $j=n$	$F_{Ln}(\Delta T) = 0,5 F_{L0}(\Delta T)$	$F_{Ln}(q_L) = q_L L_n$	$F_{Ln}(\Theta H) = 0,5 F_{L0}(\Theta H)$

*Примечание 1* — Формулы для торможения учитывают влияние тяговых усилий.

*Примечание 2* — Сила торможения, приложенная к неподвижным опорным частям пролетного строения, ограничена максимальным значением 6000 кН на рельсовый путь.

*Примечание 3* — Сила, приложенная к неподвижным опорным частям пролетного строения и вызванная температурой, имеет предельное значение 1340 кН, если имеется одно устройство компенсации удлинения рельсов.

## **Приложение Н** (справочное)

### **Модели нагрузки для описания нагрузок на рельсы от транспортных средств в кратковременных расчетных ситуациях**

(1) При выполнении проверок для кратковременных расчетных ситуаций, вызванных техобслуживанием рельсового пути или моста, нормативные значения моделей нагрузки 71, SW/0, SW/2, «ненагруженный поезд» и HSLM, и связанные с ними воздействия от железнодорожного сообщения должны быть приняты равными нормативным значениям соответствующей нагрузки, приведенной в разделе 6 для постоянных расчетных ситуаций.

## **НАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ**

**к ГОСТ Р EN 1991-2-2011**

**Еврокод 1: Воздействия на сооружения –**

**Часть 2: Транспортные нагрузки на мосты**

National Annex

to GOST R EN 1991-2-2011

Eurocode 1:

ACTIONS ON STRUCTURES –

Part 2: Traffic loads on bridges

## Предисловие

Настоящее национальное приложение следует применять совместно с Национальным стандартом ГОСТ Р ЕН 1991-2-2011.

Настоящее национальное приложение содержит следующие требования и национальные параметры, разрешенные на национальном уровне и установленные при проектировании зданий и сооружений на территории РФ:

а) требования и национальные параметры для следующих пунктов EN 1991-2, национальный выбор которых разрешен:

### Требования и национальные параметры, установленные при проектировании зданий и сооружений на территории Российской Федерации

Пункт EN 1991-2	Наименование раздела, пункта и (или) таблицы, содержание статьи	Пункт Национального приложения
<b>Раздел 1: Общие положения</b>		
1.1(3)	Дополнительные правила для подпорных стен, подземных конструкций и тоннелей	НП 1.1(3)
<b>Раздел 2: Классификация воздействий</b>		
2.2(2) примечание 2	Использование нечасто встречающихся значений нагружения автодорожных мостов	НП 2.2(2) примечание 2
2.3(1)	Определение применения защиты от аварий	НП 2.3(1)
2.3(4)	Правила определения воздействий от различных аварий	НП 2.3(4)
<b>Раздел 3: Расчетные случаи</b>		
(5)	Правила для совмещенных мостов с автомобильным и железнодорожным транспортом	НП (5)
<b>Раздел 4: Воздействия от дорожного движения и другие воздействия на автодорожные мосты</b>		
4.1(1) примечание 2	Временные нагрузки от автодорожного транспорта при длине загрузки более 200м	НП 4.1(1) примечание 2
4.1(2), примечание 1	Специальные модели нагрузок для мостов с ограничением по весу транспортных средств	НП 4.1(2), примечание 1
4.2.1(1), примечание 2	Определение дополнительных моделей нагрузок	НП 4.2.1(1), примечание 2
4.2.1(2)	Определение моделей от	НП 4.2.1(2)

	специальных транспортных средств	
4.2.3(1)	Общепринятая высота бордюра	НП 4.2.3(1)
4.3.1(2), примечание 2	Применение LM2	НП 4.3.1(2), примечание 2
4.3.2(3), примечания 1 и 2	Значения коэффициента $\alpha$	НП 4.3.2(3), примечания 1 и 2
4.3.2(6)	Применение упрощенных альтернативных моделей нагрузок	НП 4.3.2(6)
4.3.3(2)	Значения коэффициента $\beta$	НП 4.3.3(2)
4.3.3(4) примечание 2	Выбор поверхностей контактов колес для LM2	НП 4.3.3(4) примечание 2
4.3.4(1)	Определение модели нагрузки 3 (специальные транспортные средства)	НП 4.3.4(1)
4.4.1(2), примечание 2	Верхний предел сил торможения для автодорожных мостов	НП 4.4.1(2), примечание 2
4.4.1(2), примечание 3	Горизонтальные силы, связанные с LM3	НП 4.4.1(2), примечание 3
4.4.1(3)	Горизонтальные силы, связанные с LM3	НП 4.4.1(3)
4.4.1(6)	Силы торможения, передающиеся на деформационные швы	НП 4.4.1(6)
4.4.2(4)	Поперечные силы, действующие на пролетные строения моста	НП 4.4.2(4)
4.5.1 (таблица 4.4а), примечания а и b	Оценка горизонтальных сил в gr1 а	НП 4.5.1 (таблица 4.4а), примечания а и b
4.5.2, примечание 3	Использование нечасто встречающихся значений временных воздействий	НП 4.5.2, примечание 3
4.6.1(2), примечание 2	Использование моделей для расчета на выносливость	НП 4.6.1(2), примечание 2
4.6.1(3), примечание 1	Определение категорий транспортного потока	НП 4.6.1(3), примечание 1
4.6.1(6)	Определение дополнительного добавочного фактора (выносливость)	НП 4.6.1(6)
4.6.4(3)	Корректировка модели нагрузки 3 для расчета на выносливость	НП 4.6.4(3)
4.6.5(1), примечание 2	Характеристики дорожного потока для использования модели нагрузки 4 для расчета на выносливость	НП 4.6.5(1), примечание 2
4.6.6(1)	Применение модели нагрузки 5 для расчета на	НП 4.6.6(1)

	<b>выносливость</b>	
4.7.2.1(1)	Определение сил столкновения и высоты их приложения	НП 4.7.2.1(1)
4.7.2.2(1), примечание 1	Определение сил от аварий на пролетное строение	НП 4.7.2.2(1), примечание 1
4.7.3.3(1), примечание 1	Определение сил от аварий на барьерные ограждения	НП 4.7.3.3(1), примечание 1
4.7.3.3(1), примечание 1	Определение вертикальных сил, суммарно воздействующих с горизонтальными аварийными силами	НП 4.7.3.3(1), примечание 1
4.7.3.3(1) примечание 3	Проектная нагрузка для конструкций, поддерживающих парапетное ограждение тротуаров	НП 4.7.3.3(1) примечание 3
4.7.3.3(2)	Определение сил от аварий на незащищенные вертикальные части конструкции	НП 4.7.3.3(2)
4.7.3.4(1)	Определение воздействий на пешеходные парапеты	НП 4.7.3.4(1)
4.8(3)	Определение проектных нагрузок, действующих от пешеходных парапетов на поддерживающие их конструкции	НП 4.8(3)
4.9.1(1) примечание 1	Определение моделей нагрузок на устои	НП 4.9.1(1) примечание 1
<b>Раздел 5: Воздействия на тротуары, велосипедные дорожки и пешеходные мосты</b>		
5.2.3(2)	Определение моделей нагрузок для служебных проходов	НП 5.2.3(2)
5.3.2.1(1)	Определение нормативных значений для равномерно-распределенных нагрузок	НП 5.3.2.1(1)
5.3.2.2(1)	Определение нормативных значений для сосредоточенных нагрузок на пешеходных мостах	НП 5.3.2.2(1)
5.3.2.3(1)Р, примечание 1	Определение транспортных средств обслуживания на пешеходных мостах	НП 5.3.2.3(1)Р, примечание 1
5.4(2)	Определение значений горизонтальных сил на пешеходных мостах	НП 5.4(2)
5.6.1(1)	Определение специальных аварийных сил	НП 5.6.1(1)
5.6.2.1(1)	Аварийные силы на опоры	НП 5.6.2.1(1)
5.6.2.2(1)	Аварийные силы на	НП 5.6.2.2(1)



	пролетные строения	
5.6.3(2) примечание 2	Определение моделей нагрузок от аварийного нахождения транспортного средства на пешеходных мостах	НП 5.6.3(2) примечание 2
5.7(3)	Определение динамических моделей пешеходных нагрузок	НП 5.7(3)
<b>Раздел 6: Воздействия от железнодорожного движения и другие воздействия на железнодорожные мосты</b>		
6.1(2)	Движение, выходящее из рамок рассмотрения в EN 1991-2, альтернативные модели нагрузок	НП 6.1(2)
6.1(3)P	Другие виды железных дорог	НП 6.1(3)P
6.1(7)	Временные мосты	НП 6.1(7)
6.3.2(3)P	Значения коэффициента $\alpha$	НП 6.3.2(3)P
6.3.3(4)P	Выбор линии для тяжелых железнодорожных перевозок	НП 6.3.3(4)P
6.4.4	Альтернативные требования для динамического расчета	НП 6.4.4
6.4.5.2(3)P	Выбор динамического коэффициента	НП 6.4.5.2(3)P
6.4.5.3(1)	Альтернативные значения определяющей длины	НП 6.4.5.3(1)
6.4.5.3 (таблица 6.2)	Определяющая длина консолей	НП 6.4.5.3 (таблица 6.2)
6.4.6.1.1(6)	Дополнительные требования для применения HSLM	НП 6.4.6.1.1(6)
6.4.6.1.1(7)	Нагружение и методология динамического расчета	НП 6.4.6.1.1(7)
6.4.6.1.2(3) (таблица 6.5)	Дополнительные случаи загрузки, зависящие от количества рельсовых путей	НП 6.4.6.1.2(3) (таблица 6.5)
6.4.6.3.1(3) (таблица 6.6)	Значения демпфирования	НП 6.4.6.3.1(3) (таблица 6.6)
6.4.6.3.2(3),	Альтернативные значения плотности материалов	НП 6.4.6.3.2(3),
6.4.6.3.3(3), примечания 1 и 2	Модуль Юнга и другие свойства материалов	НП 6.4.6.3.3(3), примечания 1 и 2
6.4.6.4(4)	Понижение пикового отклика в резонансе и альтернативные дополнительные значения демпфирования	НП 6.4.6.4(4)
6.4.6.4(5)	Ограничения для дефектов рельсового пути и несовершенства	НП 6.4.6.4(5)

	транспортного средства	
6.5.1(2)	Повышение центра тяжести для центробежных сил	НП 6.5.1(2)
6.5.3(5)	Воздействия от торможения с длины загрузки больше 300м	НП 6.5.3(5)
6.5.3(9)P	Альтернативные требования для приложения сил ускорения и торможения	НП 6.5.3(9)P
6.5.4.1(5)	Суммарная работа конструкции и рельсовых путей, требования к безбалластному пути	НП 6.5.4.1(5)
6.5.4.3(2), примечания 1 и 2	Альтернативные требования к перепаду температур	НП 6.5.4.3(2), примечания 1 и 2
6.5.4.4(2), примечание 1	Продольное сопротивление сдвигу между рельсовым путем и пролетным строением	НП 6.5.4.4(2), примечание 1
6.5.4.5	Альтернативные параметры проектирования	НП 6.5.4.5
6.5.4.5.1(2)	Минимальное значение радиуса рельсового пути	НП 6.5.4.5.1(2)
6.5.4.5.1(2)	Предельные значения напряжений в рельсах	НП 6.5.4.5.1(2)
6.5.4.6	Альтернативные методы расчета	НП 6.5.4.6
6.5.4.6.1(1)	Альтернативные параметры для упрощенных методов расчета	НП 6.5.4.6.1(1)
6.5.4.6.1(4)	Продольное пластическое сопротивление сдвигу между рельсовым путем и пролетным строением	НП 6.5.4.6.1(4)
6.6.1(3)	Аэродинамические нагрузки, альтернативные значения	НП 6.6.1(3)
6.7.1(2)P	Сход с рельсов состава, дополнительные требования	НП 6.7.1(2)P
6.7.1(8)P	Сход с рельсов состава, ограниченного элементами конструкции, расположенной выше уровня рельсов, и требования для удержания сошедшего с рельсов поезда на конструкции	НП 6.7.1(8)P
6.7.3(1)P	Другие воздействия	НП 6.7.3(1)P
6.8.1(11)P (таблица 6.10)	Количество рельсовых путей, загруженных при проверке дренажа и габарита приближения	НП 6.8.1(11)P (таблица 6.10)

6.8.2(2) (таблица 6.11)	Оценка групп нагрузок	НП 6.8.2(2) (таблица 6.11)
6.8.3.1(1)	Часто встречающиеся значения многокомпонентных воздействий	НП 6.8.3.1(1)
6.8.3.2(1)	Квазипостоянные значения многокомпонентных значений	НП 6.8.3.2(1)
6.9(6)	Модели нагрузок для расчета на выносливость, срок эксплуатации	НП 6.9(6)
6.9(7)	Модели нагрузок для расчета на выносливость, специальный транспорт	НП 6.9(7)
приложение С(3)Р;	Динамический коэффициент	НП приложение С(3)Р
приложение С(3)Р	Метод расчета на динамику	НП приложение С(3)Р
приложение D2(2).	Частный коэффициент надежности для расчета на выносливость	НП приложение D2(2).

## Раздел 1: Общие положения

**НП 1.1(3)** Нормативное горизонтальное (боковое) давление грунта на устои мостов (и промежуточные опоры, если они расположены внутри конусов) от подвижного состава, находящегося на призме обрушения, следует принимать с учетом распространения нагрузки в грунте ниже подошвы рельса или верха дорожного покрытия под углом к вертикали  $\arcs \operatorname{tg} 1/2$  и определять согласно приведенной ниже методике:

*При расположении на призме обрушения подвижного состава железных дорог*

(1) Горизонтальное (боковое) давление, кН, следует определять по формулам:

а) для однопутных устоев при симметричной (относительно оси устоя) нагрузке (рисунок (1), а)

$$F = F_1 + F_2 = 2,7p_v\tau_n h_1 + p_v\tau_n b (\alpha h - \alpha_1 h_1), \quad (1)$$

б) для многопутных устоев при несимметричной (относительно оси устоя) нагрузке (рисунок (1), б)

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = 1,35p_v\tau_n h_1 + 0,5p_v\tau_n b (\alpha h - \alpha_1 h_1) + 1,35p_v\tau_n h_2 + 0,5p_v\tau_n b_1 (\alpha h - \alpha_2 h_2), \quad (2)$$

Если  $h_2 = h$ , то принимается  $\alpha_2 = \alpha$ .

Плечи сил  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  и  $F_4$ , считая от рассматриваемого сечения (на рисунке (1)–подошвы фундамента), следует определять по формулам:

$$z_1 = h - \frac{h_1}{2}; \quad (3)$$

$$z_2 = \frac{h^2 \alpha \xi - h_1 \alpha_1 (h_1 \xi_1 + h - h_1)}{h \alpha - h_2 \alpha_2}; \quad (4)$$

$$z_3 = h - \frac{h_2}{2};$$

$$z_4 = \frac{h^2 \alpha \xi - h_2 \alpha_2 (h_2 \xi_2 + h - h_2)}{h \alpha - h_2 \alpha_2}, \quad (5)$$

где  $p_v$ – давление распределенной на длине шпал (2,70 м) временной вертикальной нагрузки, кПа;

$h_1, h_2$  – высоты, в пределах которых площадь давления имеет переменную ширину, м;

$b$  – ширина однопутного устоя или удвоенное наименьшее расстояние от вертикальной оси нагрузки до ближайшей боковой грани устоя при несимметричном загрузении, м;

$b_1 = 2,70 + h_2$  – удвоенное расстояние от оси пути до точки пересечения линии распространения нагрузки с боковой удаленной от пути гранью, м, но не более удвоенного наибольшего расстояния от оси пути до боковой грани устоя;

$\tau_n$  – коэффициент нормативного горизонтального (бокового) давления грунта засыпки по принимать по пункту 6.6 СП 35.13330.2011

Значения коэффициентов  $\alpha, \alpha_1, \alpha_2$  и  $\xi, \xi_1, \xi_2$  в зависимости от соответствующих высот  $h, h_1, h_2$  следует принимать по таблице 1.

Примечание – Для многопутного устоя общее давление от временной нагрузки следует определять как сумму давлений, получаемых по формуле (2) для каждого из путей в отдельности при соответствующих значениях  $b, b_1, h, h_1, h_2$ .

*При расположении на призме обрушения колесной и гусеничной автомобильных нагрузок*

(2) При отсутствии переходных плит от насыпи на устой давление от транспортных средств автомобильных дорог на призме обрушения следует принимать распределенным на площадки опирания.

(А) В случае расположения стенки перпендикулярно направлению движения давление от каждого ряда колес или гусениц распределяется на площадки опирания размером  $c \times b$ ,

где  $c$  – длина соприкосновения вдоль оси моста колес рассматриваемых нагрузок с покрытием проезжей части (рисунок (1), в), принимаемая, м:

для колес тележек нагрузки ЛМ 1 – 0,4;  
для колесной нагрузки НК – 3,8;

$b$  – ширина, равная расстоянию между внешними гранями колес

В случаях, когда сосредоточенное давление распределяется в стороны вдоль рассчитываемой стенки (например, устой с откосными крыльями), его учитывают с коэффициентом  $\alpha$ , зависящим от отношения  $b/h$  (где  $h$  – высота стенки), по таблице 2.

В устоях с обратными стенками, расположенными параллельно оси моста, коэффициент  $\alpha$  не учитывается.

Таблица 1

$H, h_1, h_2$	$\alpha, \alpha_1, \alpha_2$	$\xi, \xi_1, \xi_2$	$h, h_1, h_2$	$\alpha, \alpha_1, \alpha_2$	$\xi, \xi_1, \xi_2$
1	0,85	0,53	16	0,33	0,65
2	0,75	0,55	17	0,32	0,66
3	0,67	0,56	18	0,31	0,66
4	0,61	0,58	19	0,30	0,66
5	0,57	0,59	20	0,29	0,67
6	0,53	0,60	21	0,28	0,67
7	0,49	0,60	22	0,27	0,67
8	0,46	0,61	23	0,27	0,67
9	0,44	0,62	24	0,26	0,68
10	0,42	0,62	25	0,25	0,68
11	0,40	0,63	26	0,25	0,68
12	0,38	0,64	27	0,24	0,68

13	0,37	0,64	28	0,23	0,69
14	0,35	0,64	29	0,23	0,69
15	0,34	0,65	30	0,22	0,69

Таблица 2

$b/h$	$\alpha$	$b/h$	$\alpha$
0,10	0,327	0,60	,681
0,12	0,360	0,70	,710
0,14	0,89	0,80	0,735
0,16	0,414	0,90	0,754
0,18	0,437	1,00	0,772
0,20	0,459	1,20	0,810
0,25	0,505	1,50	0,840
0,30	0,544	2,00	0,875
0,35	0,576	3,00	0,900
0,40	0,602	4,00	0,950
0,50	0,668	Свыше 4,00	1,000

(Б) В случае расположения стенки параллельно оси моста давление от каждого ряда колес вдоль моста и каждой полосы гусеницы распределяется на площадки опирания размером  $a-d$ ,

где  $a$  – длина, принимаемая для нагрузок, м:

LM1 –  $h + 1,2$ ;

АБ –  $h + c$ , но не более базы автомобиля;

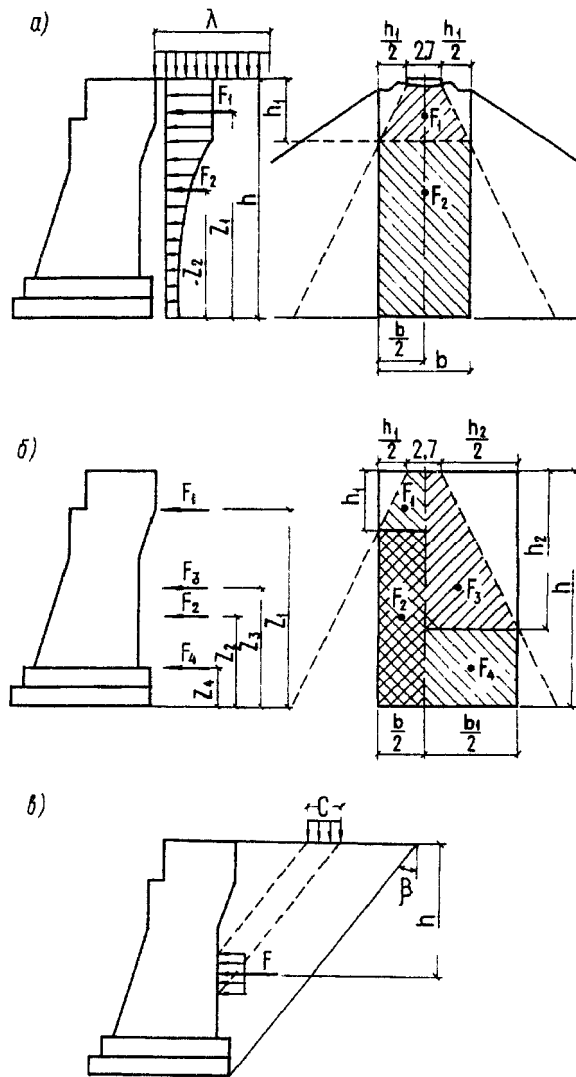
НК – 3,8;

$h, c$  – по подпункту А настоящего приложения;

$d$  – ширина колеса рассматриваемых нагрузок.

Во всех случаях длина  $a$  не должна превышать длины рассчитываемого участка стенки.

(3) При наличии переходных плит (от насыпи на устой) опирание на грунт (вдоль оси моста) следует учитывать на половине длины плиты со стороны насыпи, при этом давление следует принимать только от части подвижной нагрузки, расположенной на этой половине, и считать его приложенным посередине длины опирания.



**Рисунок 1** Схема загрузки для определения горизонтального (бокового) давления грунта на береговые опоры (устои):

- a* – при расположении на призме обрушения подвижного состава железных дорог для однопутных устоев при симметричной (относительно оси устоя) нагрузке;
- б* – то же, для многопутных устоев при несимметричной (относительно оси устоя) нагрузке;
- в* – при расположении на призме обрушения автомобильной нагрузки и стенки перпендикулярно направлению движения (*c* – длина соприкосновения вдоль оси моста колес с покрытием проезжей части, угол  $\beta$  – наклон к вертикальной плоскости скольжения грунта за устоем).

## Раздел 2: Классификация воздействий

**НП 2.2 (2) примечание 2** Использование нечасто встречающихся нагрузок не допустимо.

**НП 2.3 (1)** Тротуары и обособленное трамвайное полотно на мостовом сооружении должны быть отделены от проезжей части ограждающими устройствами барьерного или парапетного типа. Применение тросовых ограждений не допускается.

На деревянных мостах устанавливают колесоотбойный брус высотой не менее 0,25 м.

На разделительной полосе следует предусматривать ограждения в случае, если:

- ограждения имеются на разделительной полосе подходов;

- на разделительной полосе расположены элементы конструкций мостового сооружения, опоры контактной сети, освещения и т.п.

Конструкцию ограждения, его удерживающую способность, высоту принимают в зависимости от категории дороги или улицы, сложности дорожных условий, наличия или отсутствия на мостовом сооружении тротуаров или служебных проходов в соответствии с ГОСТ Р 52289, ГОСТ Р 52606, ГОСТ Р 52607.

На переходных плитах в узлах сопряжения мостового сооружения с насыпями подходов ограждения принимают такой же удерживающей способности, как и на пролетном строении.

Над деформационными швами пролетного строения в ограждении должна быть обеспечена возможность перемещения, соответствующего перемещению в деформационном шве, при сохранении в зоне перекрытия деформационного шва требуемой удерживающей способности ограждения.

При отсутствии на мостовом сооружении тротуаров или служебных проходов ограждение устанавливают на расстоянии не менее 0,4 м от задней поверхности ограждения до кромки плиты проезжей части.

С внешней стороны пролетного строения тротуары и служебные проходы ограждают перилами высотой не менее 1,1 м.

Конструкция перил должна иметь заполнение, исключающее возможность падения пешеходов с мостового сооружения. Расстояния в свету между элементами заполнения не должны превышать 150 мм.

**НП 2.3 (4)** Нормативную нагрузку от навала судов на опоры мостов следует принимать в виде сосредоточенной продольной или поперечной силы и ограничивать в зависимости от класса внутреннего водного пути значениями, указанными в таблице 3.

Таблица 3

Класс внутренних водных путей	Нагрузка от навала судов, кН			
	вдоль оси моста со стороны пролета		поперек оси моста со стороны	
	судоходного	несудоходного	верховой при наличии течения	низовой, при отсутствии течения — и верхней
I	1570	780	1960	1570
II	1130	640	1420	1130
III	1030	540	1275	1030
IV	880	490	1130	880
V	390	245	490	390
VI	245	147	295	245
VII	147	98	245	147

Нагрузка от навала судов должна прикладываться к опоре на высоте 2 м от расчетного судоходного уровня, за исключением случаев, когда опора имеет выступы, фиксирующие уровень действия этой нагрузки, и когда при менее высоком уровне нагрузка вызывает более значительные воздействия.

Для опор, защищенных от навала судов, а также для деревянных опор автодорожных мостов на внутренних водных путях VI и VII классов нагрузку от навала судов допускается не учитывать.

Для однорядных железобетонных свайных опор автодорожных мостов через внутренние водные пути VI и VII классов нагрузку вдоль оси моста допускается учитывать в размере 50 %.

### Раздел 3: Расчетные случаи

**НП (5)** При одновременном загрузении полос автомобильного движения (совместно с тротуарами) и рельсовых путей (железных дорог, метрополитена или трамвая) временную вертикальную нагрузку, которая оказывает меньшее воздействие (как вертикальное, так и горизонтальное), следует вводить в расчет с дополнительным коэффициентом  $s_2$ , определяемым по формулам:

при одновременном загрузении железнодорожных путей и полос автомобильного движения

$$s_2 = 1 - 0,010 \lambda, \text{ но не менее } 0,80; \quad (6.5)$$

то же, путей метрополитена или трамвая и полос автомобильного движения

$$s_2 = 1 - 0,002 \lambda, \text{ но не менее } 0,80, \quad (6.6)$$

где  $\lambda$  — длина загрузки пролетного строения нагрузкой, оказывающей меньшее воздействие, м.

### Раздел 4: Воздействия от дорожного движения и другие воздействия на автодорожные мосты

**НП 4.1 (1) примечание 2** Дополнительные модели нагрузок при длине участков загрузки более 200 м не вводятся.

**НП 4.1 (2) примечание 1** Дополнительные специальные модели, которые будут использоваться при проектировании мостов, оборудованных соответствующими средствами, включая дорожные знаки, предназначенные для строгого ограничения веса транспортного средства (например, для местных, сельскохозяйственных или частных дорог) не вводятся.

**НП 4.2.1 (1) примечание 2** В настоящем Национальном Приложении устанавливаются следующие дополнительные модели нагрузок.

Для всех мостовых сооружений нагрузка от автотранспортных средств — в виде полос АК (рисунок 2), каждая из которых включает одну двухосную тележку с осевой нагрузкой 10К (кН) и равномерно распределенную нагрузку интенсивностью  $v$  (на обе колеи) — К (кН/м), где  $c$  — длина, м, соприкосновения колеса с покрытием проезжей части.

Нагрузкой АК загружаются также трамвайные пути при их расположении на необособленном полотне.

Класс нагрузки К надлежит принимать равным 14 для всех мостов, кроме деревянных и расположенных в рекреационных и природоохранных зонах городов, для которых класс нагрузки следует принимать равным 11.

Загрузки моста указанными нагрузками должны создавать в рассчитываемых элементах наибольшие усилия, в установленных нормах местах конструкции — максимальные перемещения (деформации). При этом для нагрузки АК во всех случаях должны быть выполнены условия:

- при наличии линий влияния, имеющих три или более участков разных знаков, тележкой загружается участок, дающий для рассматриваемого знака наибольшее значение усилия (перемещения), равномерно распределенной нагрузкой (с необходимыми ее перерывами по длине) загружаются все участки, вызывающие усилие (перемещение) этого знака;
- число полос нагрузки, размещаемой на мосту, не должно превышать установленного числа полос движения;
- расстояния между осями смежных полос нагрузки должны быть не менее 3,0 м;
- при многополосном движении в каждом направлении и отсутствии разделительной полосы на мосту ось крайней внутренней полосы нагрузки каждого направления не должна быть расположена ближе 1,5 м от осевой линии или линии, разделяющей направления движения.

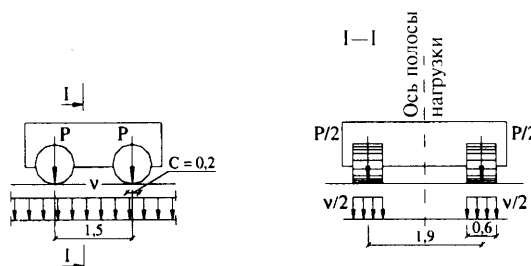


При расчетах конструкций мостов по прочности и устойчивости следует рассматривать два случая воздействия нагрузки АК:

*первый* — предусматривающий невыгодное размещение на проезжей части (в которую не входят полосы безопасности) числа полос нагрузки, не превышающего числа полос движения;

*второй* — предусматривающий при незагруженных тротуарах невыгодное размещение на всей ширине ездого полотна (в которое входят полосы безопасности) двух полос нагрузки (на однополосных мостах — одной полосы нагрузки).

При этом оси крайних полос нагрузки АК должны быть расположены не ближе 1,5 м от кромки проезжей части — в первом и от ограждения ездого полотна — во втором случаях.



**Рисунок 2 — Схема автомобильной нагрузки АК**

К автомобильной нагрузке АК вводятся следующие динамические коэффициенты:	
к тележкам нагрузки АК для расчета элементов проезжей части	— 1,4;
к тележкам нагрузки АК для расчета элементов стальных и сталежелезобетонных мостов	— 1,4;
то же, железобетонных мостов	— 1,3;
то же, деревянных мостов	— 1,0;
к равномерно распределенной нагрузке АК	— 1,0;

Нормативную вертикальную нагрузку от подвижного состава на автомобильных дорогах промышленных предприятий, где предусмотрено обращение автомобилей особо большой грузоподъемности и на которые не распространяются ограничения весовых и габаритных параметров автотранспортных средств общего назначения, следует принимать в виде колонн двухосных автомобилей АБ с параметрами, приведенными в таблице 4.

При проектировании следует рассматривать случаи:

- а) по мосту движутся колонны автомобилей, создающие динамическое воздействие;
- б) на мосту имеет место вынужденная остановка расчетных автомобилей (динамическое воздействие не возникает).

В случае «а» расстояние между задней и передней осями соседних автомобилей в каждой колонне не должно быть менее, м:

- 20 — для нагрузок АБ-51 и АБ-74;
- 26 — для нагрузки АБ-151.

По ширине моста колонны, число которых не должно превышать числа полос движения, следует устанавливать в самое невыгодное положение с соблюдением расстояний, указанных в таблице 5.

Таблица 4

Параметр	Нагрузки		
	АБ-51	АБ-74	АБ-151
Нагрузка на ось груженого автомобиля, кН:			
заднюю	333	490	990
переднюю	167	235	490
Расстояние между осями (база) автомобиля, м	3,5	4,2	4,5
Габарит по ширине (по колесам задней оси), м	3,5	3,8	5,4
Ширина колеи, м, колес:			
задних	2,4	2,5	3,75
передних	2,8	2,8	4,1
Размер площадки контакта задних колес с покрытием проезжей части, м:			
по длине	0,4	0,45	0,80
по ширине	1,1	1,30	1,65
Диаметр колеса, м	1,5	1,8	2,5

В случае «б» мост загружается одной колонной, имеющей не более трех автомобилей. Расстояние между задними и передними осями автомобилей должно быть не менее 8 м — для нагрузок АБ-51 и АБ-74 и не менее 10 м — для нагрузки АБ-151. На остальных полосах устанавливается не более одного автомобиля. По ширине моста колонна и одиночный автомобиль устанавливаются в наиболее невыгодное положение с соблюдением расстояний, указанных в таблице 5.

Таблица 5

Расстояние по ширине моста	Наименьший размер, м, для нагрузок		
	АБ-51	АБ-74	АБ-151
От ограждения до края заднего колеса автомобиля:			
движущегося	1,0	1,2	1,6
стоящего		Вплотную	
Между краями задних колес соседних автомобилей:			
движущихся	1,9	2,0	2,5
стоящих	0,5	0,7	1,0

К временной вертикальной нагрузке АБ вводятся следующие динамические коэффициенты:

а) для элементов стальных и сталежелезобетонных пролетных строений, а также элементов стальных опор

$$1 + \mu = 1 + \frac{81 - \lambda}{115},$$

но не менее 1,00;

б) для железобетонных балочных пролетных строений, железобетонных сквозных, тонкостенных и стоечных опор, а также звеньев труб при отсутствии засыпки под дорожной одеждой

$$1 + \mu = 1 + \frac{81 - \lambda}{135},$$

но не менее 1,00;

в) для бетонных опор и звеньев труб, грунтовых оснований и всех фундаментов, а при общей толщине засыпки (включая толщину дорожной одежды) не менее 1,0 м — для железобетонных звеньев труб и не менее 0,5 м — для других элементов, перечисленных выше в «б»

$$1 + \mu = 1,00;$$

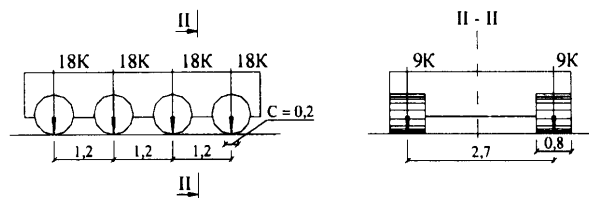
Для колонны автомобилей нагрузки АБ – при расчетах на случай согласно «б»

$$1 + \mu = 1,00;$$

**НП 4.2.1(2)** Национальное Приложение регламентирует следующую модель нагрузки от транспортных средств, не удовлетворяющую национальному законодательству по предельному весу или размерам, для которых не требуется специальных разрешений для пропуска:

От тяжелых одиночных нагрузок НК— в виде четырехосной тележки Н14 с нагрузкой на ось 18К (кН) (рисунок 3).

Тяжелую одиночную нагрузку НК следует располагать вдоль направления движения на любом участке проезжей части моста (в которую не входят полосы безопасности). Ось нагрузки НК должна быть расположена не ближе 1,75 м от кромки проезжей части. Также следует проводить проверку на воздействие сдвоенных нагрузок НК, устанавливаемых на расстоянии 12 м (между последней осью первой и передней осью второй нагрузки), с учетом понижающего коэффициента 0,75.



**Рисунок 3 – Схема нагрузки НК**

Динамический коэффициент к нагрузке НК принимать равным 1,0.

**НП 4.2.3(1)** Стандартная высота бордюра принимается согласно рекомендуемому значению.

**НП 4.3.1(2) примечание 2** Нагрузка LM2 применяется согласно рекомендуемым правилам.

**НП 4.3.2(3) примечания 1 и 2** Настоящее Национальное Приложение устанавливает следующие поправочные коэффициенты  $\alpha$  для мостовых сооружений:

$$\alpha_{Q1} = 0,8; \alpha_{Q2} = 0,8; \alpha_{Q3} = 0,8;$$

$$\alpha_{q1} = 0,8; \alpha_{q2} = 1; \alpha_{q3} = 1; \alpha_{gr} = 0;$$

**НП 4.3.2(6)** Применение упрощенных альтернативных моделей нагрузок не допускается.

**НП 4.3.3(2)** Значение коэффициентов  $\beta$  устанавливается согласно рекомендованным параметрам.

**НП 4.3.3(4) примечание 2.** Данное положение остаётся без изменений.

**НП 4.3.4(1)** Описанные модели выбираются индивидуально для каждого объекта строительства по заданию заказчика. При проектировании обязательен учет модели нагрузки НК.

**НП 4.4.1(2), примечание 2.** Верхний предел сил торможения для автодорожных мостов устанавливается равным 350 кН.

**НП 4.4.1(3)** Горизонтальные силы, связанные с нагрузкой LM3 учитывать не требуется.

**НП 4.4.1(6)** Силы торможения, передающиеся на деформационные швы, принимать по рекомендуемым параметрам.

**НП 4.4.2(4)** Положения данного пункта принимать без изменений.

**НП 4.5.1 (таблица 4.4а) примечания а и б.** Для оценки групп нагрузок от транспортных средств (нормативные значения многокомпонентного воздействия) необходимо пользоваться таблицей 6 взамен Таблицы 4.4 а EN 1991-2:2003.

Таблица 6

		Проезжая часть					Тротуары и велосипедные дорожки	
Тип нагрузки		Вертикальные силы			Горизонтальные силы		Только вертикальные силы	
Ссылка		4.3.2	4.3.3	4.3.4	4.3.5	4.4.1	4.4.2	5.3.2(1)
Система нагрузки		Модель LM1 (TS и системы UDL)	Модель LM2 (единственная ось)	Модель LM3 (специальные транспортные средства)	Модель LM4 (нагрузка от большого количества транспортных средств)	Силы торможения и ускорения	Центробежные и поперечные силы	Равномерно распределенная нагрузка
Группа нагрузок	gr1 a	Нормативное значение						2 кН/м <sup>2</sup> (0,5 от нормативного значения) <sup>1)</sup>
	gr1 b		Нормативное значение					
	gr2	Часто встречающиеся значения				Нормативное значение	Нормативное значение	
	gr3 <sub>3)</sub>							Нормативное значение <sup>2)</sup>
	Gr 4				Нормативное значение			Нормативное значение
	Gr 5	См. приложение А		Нормативное значение				
Доминирующее комбинирующее воздействие (обозначается как компонент, связанный с группой)								
<sup>1)</sup> нормативное значение принимается по п 5.3.2.1(1) EN 1991-2:2003 <sup>2)</sup> См. 5.3.2.1(2). Следует учитывать, что только один тротуар может быть нагружен, если результат такого воздействия более неблагоприятен, чем результат нагружения двух тротуаров. <sup>3)</sup> Эта группа является неподходящей, если рассматривается gr4.								

**НП 4.5.2 примечание 3** Нечасто встречающиеся значения применять не рекомендуется.

**НП 4.6.1(2) примечание 2** Данный пункт принимается без изменений.

**НП 4.6.1 (3) примечание 1** Категории и значения транспортного потока, определены ниже для различных категорий дорог. Таблицей 7 необходимо пользоваться взамен Таблицы 4.5(n) EN 1991-2:2003.

Таблица 7

Транспортная категория		$N_{obs}$ в расчете на 1 год и на одну медленную полосу движения
1	Дороги I категории	$2,0 \cdot 10^6$
2	Дороги II категории	$0,5 \cdot 10^6$
3	Дороги III и IV категории	$0,125 \cdot 10^6$
4	Дороги V категории	$0,05 \cdot 10^6$

**НП 4.6.1(6)** Положение данного пункта принимается согласно рекомендованным параметрам.

**НП 4.6.4(3)** Положение данного пункта принимается согласно рекомендованным параметрам.

**НП 4.6.5 (1) примечание 2** В проектной документации могут быть по согласованию с заказчиком учтены другие стандартные грузовики и процентные доли типов грузовиков.

**НП 4.6.6(1)** Использование модели нагрузки 5 не рекомендовано.

**НП 4.7.2.1(1)** Правила защиты определены в 2.3(1) данного Национального Приложения. При несоответствии данным требованиям по защите моста от сил столкновения, пользоваться рекомендуемыми параметрами.

**НП 4.7.2.2(1)** Силы столкновения транспортных средств с пролетными строениями мостов учитываются согласно рекомендуемым параметрам EN 1991-1-7

**НП 4.7.3.3(1) примечание 1** При расчете элементов ограждений проезжей части, а также их прикреплений горизонтальные нагрузки следует принимать:

для сплошных жестких железобетонных парапетных ограждений – в виде поперечной нагрузки 165 (кН), распределенной по длине 1 м и приложенной к ограждению на уровне 2/3 высоты ограждения (от поверхности проезда);

для консольных стоек полужестких металлических барьерных ограждений (при расстоянии между стойками от 2,5 до 3,0 м) – в виде сосредоточенных сил, действующих одновременно в уровне направляющих планок и равных:

поперек проезда – 62 (кН);

вдоль проезда – 34,3 (кН),

Для металлических барьерных ограждений при непрерывных направляющих планках нагрузку, действующую вдоль моста, допускается распределять на четыре расположенные рядом стойки.

Элементы металлических ограждений барьерного типа, выполняемые в соответствии с ГОСТ 26804 (группы 11 МО и 11 МД), на воздействие горизонтальных нагрузок не рассчитываются.

Крепление узла анкеровки болтов стоек барьерного ограждения должно быть отдельно проверено на действие:

горизонтального усилия, отвечающего срезу четырех болтов прикрепления; момента, возникающего от усилия, соответствующего разрыву двух рядом расположенных болтов относительно противоположного ребра.

**НП 4.7.3.3.(1) примечание 3** При расчете барьерных ограждений и их прикреплений руководствоваться пунктом НП 4.7.3.3(1) примечание 1. Вертикальные силы возможно не учитывать.

**НП 4.7.3.3(1) примечание 3** Вертикальные силы возможно не учитывать.

**НП 4.7.3.3(2)** В данном пункте необходимо принимать рекомендованное значение.

**НП 4.7.3.4 (1)** В данном пункте необходимо принимать рекомендованные параметры.

**НП 4.8(3)** В данном пункте необходимо принимать рекомендованное значение.

**НП 4.9.1(1) примечание 1** В данном пункте необходимо принимать рекомендованные параметры.

## **Раздел 5: Воздействия на тротуары, велосипедные дорожки и пешеходные мосты**

**НП 5.2.3(2)** Для служебных проходов необходимо применять равномерно-распределенную нагрузку  $4 \text{ кН/м}^2$ , а также сосредоточенную нагрузку  $3 \text{ кН}$ , приложенную к площадке  $(0,15 \cdot 0,10) \text{ м}$ .

**НП 5.3.2.1(1)** Нормативное значение  $q_{fk}$  принять равным  $4 \text{ кН/м}^2$ .

**НП 5.3.2.2(1)** Положения данного пункта остаются без изменений.

**НП 5.3.2.3(1)Р, примечание 1** Положения данного пункта остаются без изменений

**НП 5.4(2)** Нормативное значение горизонтальной силы от воздействия пешеходов принять равной  $0$ . Нормативное значение горизонтальной силы от воздействия транспортного средства обслуживания, если это обслуживание предусмотрено в проекте, принять по рекомендованным параметрам ( $60\%$  от полного веса транспортного средства обслуживания).

**НП 5.6.1(1)** Другие силы столкновения не определены. Принимать рекомендованные параметры.

**НП 5.6.2.1(1)** При соответствии Приложению Г СП 35.13330.2011 в части габаритов приближения конструкций на автомобильных дорогах общего пользования, а также ГОСТ Р 52289-2004, ГОСТ Р 52606-2006, ГОСТ Р 52607-2006, учитывать силы столкновения, воздействующие на промежуточные опоры не следует.

При отступлении от положений указанных выше документов, необходимо принимать рекомендованные параметра воздействий от сил столкновения.

**НП 5.6.2.2(1)** При соответствии Приложению Г СП 35.13330.2011 в части габаритов приближения конструкций на автомобильных дорогах общего пользования учет сил столкновения, воздействующие на пролетные строения, не требуется.

При не соответствии Приложению Г СП 35.13330.2011 в части габаритов приближения конструкций на автомобильных дорогах общего пользования требуется учет сил столкновений. Значение и параметры сил столкновений необходимо определять индивидуально для каждого объекта строительства.

**НП 5.6.3(2) примечание 2** Данный пункт принимается без изменений.

**НП 5.7(3)** В пролетных строениях пешеходных мостов расчетные периоды собственных колебаний (в незагруженном состоянии) по двум низшим формам (в балочных разрезных системах — по одной низшей форме) не должны быть от  $0,45$  до  $0,60 \text{ с}$  — в вертикальной и от  $0,9$  до  $1,2 \text{ с}$  — в горизонтальной плоскостях.

Для пролетных строений пешеходных мостов следует при этом учитывать возможность загрузки их толпой, создающей нагрузку 0,50 кПа.

## **Раздел 6: Воздействия от железнодорожного движения и другие воздействия на железнодорожные мосты**

**НП 6.1(2)** Движение по железным дорогам на территории Российской Федерации относится к особо напряженному режиму эксплуатации и, как правило, выходит за рамки рассмотрения в EN 1991-2. Проектирование новых и реконструкция существующих постоянных железнодорожных мостовых сооружений и труб при движении пассажирских поездов со скоростями до 200 км/ч осуществляется в соответствии с требованиями СП 35.13330.2011, если в задании на проектирование не оговариваются облегченные условия эксплуатации, соответствующие требованиям EN 1991-2.

Требования в пунктах приведенных ниже относятся к случаю проектирования по EN 1991-2.

**НП 6.1(3)Р** *Другие виды железных дорог.* Проектирование мостовых сооружений и труб на железных дорогах не общего пользования, производится в соответствии с требованиями СП 35.13330.2011 или специальным техническим условиям (СТУ), утвержденным установленным порядком.

**НП 6.1.(7)** *Временные мосты.* Проектирование временных мостовых сооружений и труб на железных дорогах производится в зависимости от требуемой грузоподъемности в соответствии с требованиями СП 35.13330.2011 или специальным техническим условиям (СТУ), утвержденным установленным порядком.

**НП 6.3.2(3)Р** Значения коэффициента принимается в соответствии с таблицей соответствия нагрузок:

Коэффициент $\alpha_k$ к нагрузке ЕК 71	1	1,1	1,21	1,33	1,46
Расчетная нагрузка СК или НК	-	-	С8	С10, Н7	Н8

**НП 6.3.3.(4)Р** Все дороги на территории Российской Федерации относятся к линиям для тяжелых железнодорожных перевозок в соответствии с EN 1991-2, если этот показатель не определяется в задании на проектирование.

**НП 6.4.4** При проектировании мостовых сооружений допускается не проводить расчет на динамическую нагрузку в соответствии с требованиями 6.4.4(1) EN 1991-2 при  $\alpha \geq 1,33$ , ограничении скоростей движения не более 200 км/ч и ограничении прогибов от расчетной нагрузки  $f \leq L/800$  или от высокоскоростной нагрузки при скоростях более 200 км/ч  $f \leq L/3000$ .

**НП 6.4.5.2(3)Р** Динамический коэффициент определяется в соответствии с требованиями п.6.22 СП 35.13330.2011.

Динамические коэффициенты  $1 + \mu_k$  к нагрузкам от подвижного состава железных, автомобильных и городских дорог следует принимать равными:



1) к вертикальным нагрузкам СК и εСК, а также к нагрузкам от поездов метрополитена и трамвая:

а) для элементов стальных и сталежелезобетонных пролетных строений, а также элементов стальных опор:

железнодорожных мостов и обособленных мостов под пути метрополитена и трамвая всех систем (кроме основных элементов главных ферм неразрезных пролетных строений) независимо от рода езды (на балласте или поперечинах)

$$1 + \mu = 1 + \frac{18}{30 + \lambda},$$

(2.18)

но не менее 1,15;

основных элементов главных ферм железнодорожных мостов с неразрезными пролетными строениями и совмещенных мостов всех систем под железнодорожную нагрузку (включая поезда метрополитена)

$$1 + \mu = 1 + \frac{14}{30 + \lambda},$$

(2.19)

но не менее 1,15 для железнодорожных и 1,10 для совмещенных мостов;

б) для железобетонных балочных пролетных строений, рамных конструкций (в том числе для сквозных надарочных строений), а также для железобетонных сквозных, тонкостенных и стоечных опор:

железнодорожных и других мостов под рельсовые пути

$$1 + \mu = 1 + \frac{10}{20 + \lambda},$$

(2.20)

но не менее 1,15;

совмещенных мостов – по формуле (2.22), но не менее 1,10;

в) для железобетонных звеньев труб и подземных пешеходных переходов:

на железных дорогах и путях метрополитена при общей толщине балласта с засыпкой (считая от подошвы рельса):

0,40 м и менее – по формуле (2.20);

1,00 м и более –  $1 + \mu = 1,00$ ;

для промежуточных значений толщины – по интерполяции;

г) для железобетонных и бетонных арок со сплошным надсводным строением, для бетонных опор и звеньев труб, грунтовых оснований и всех фундаментов

$$1 + \mu = 1,00;$$

д) для арок и сводов арочных железобетонных пролетных строений со сквозной надарочной конструкцией железнодорожных мостов:

$$1 + \mu = 1 + \frac{12}{100 + \lambda} \left(1 + \frac{0,4l}{f}\right),$$

(2.21)

где  $f$  – стрела арки;  $l$  – пролет арки;

ж) для деревянных конструкций железнодорожных мостов:

для элементов

$$1 + \mu = 1,10;$$

для сопряжений

$$1 + \mu = 1,20;$$

**НП 6.4.5.3 (1)** Принимается в соответствии с EN 1991-2.

**НП 6.4.5.3 таблица 6.2** Принимается в соответствии с EN 1991-2.

**НП 6.4.6.1.1(6)** Дополнительные требования для применения HSLM - не выдвигаются.

**НП 6.4.6.1.1(7)** Нагружение и методология динамического расчета не определены.

**НП 6.4.6.1.2(3) (таблица 6.5)** Дополнительные случаи загрузки, зависящие от количества рельсовых путей принимаются в соответствии с п.6.14 СП 35.13330.2011.

Во всех расчетах для элементов или отдельных конструкций мостов, воспринимающих временную нагрузку с нескольких путей или полос движения, нагрузку от подвижного состава с одного пути или полосы движения (где нагрузка приводит к самым неблагоприятным результатам) следует принимать с коэффициентом  $s_1 = 1,0$ .

С остальных путей (полос) нагрузки принимают с коэффициентами полосности  $s_2$  равными для:

а) нагрузки  $\varepsilon$ СК (одновременно загружается не более трех путей):

1,0 – при длине загрузки 15 м и менее;

0,7 – при длине загрузки 25 м и более;

для промежуточных значений длин – по интерполяции;

б) поездов метрополитена и трамвая – 1,0.

**НП 6.4.6.3.1(3)** Значения демпфирования временно не определены.

**НП 6.4.6.3.2(3)** Альтернативные значения плотности материалов принимать в соответствии с СП 35.13330.2011 или другими национальными стандартами, регламентирующими их применение.

**НП 6.4.6.3.3(3)** Модуль упругости (Юнга) и другие свойства материалов принимать в соответствии с СП 35.13330.2011 или другими национальными стандартами, регламентирующими их применение.

**НП 6.4.6.4(4)** Понижение пикового отклика в резонансе и альтернативные дополнительные значения демпфирования временно не определены.

**НП 6.4.6.4(5)** Ограничения для дефектов рельсового пути и несовершенства транспортного средства учитываются в соответствии с приложением С динамическим коэффициентом  $(1+\varphi)=0,9(1+\varphi'+\varphi'')$ .

**НП 6.5.1(2)** Точку приложения центробежных сил следует принимать на высоте 2,2 м от головки рельса для подвижного состава железных дорог.

**НП 6.5.3(5)** Воздействия от торможения с длинны загрузки более 300 м следует принимать в соответствии с п.6.20 СП 35.13330.2011.

Нормативную горизонтальную продольную нагрузку от торможения или сил тяги подвижного состава следует принимать равной при расчете элементов пролетных строений и опор мостов, % к весу нормативной временной вертикальной подвижной нагрузки: от железнодорожной нагрузки СК, поездов метрополитена и трамвая – 10.

**НП 6.5.3(9)Р** Альтернативные требования для приложения сил ускорения и торможения – принимается в соответствии с EN 1991-2.

**НП 6.5.4.1(5)** Требования к безбалластному пути – следует принимать в соответствии с требованиями п.п.5.50-5.55 СП 35.13330.2011.

**НП 6.5.4.3(2)** следует принимать в соответствии с требованиями п. 6.27 СП 35.13330.2011:

Нормативное температурное климатическое воздействие следует учитывать при расчете перемещений в мостах всех систем при определении усилий во внешне статически неопределимых системах, а также при расчете элементов сталежелезобетонных пролетных строений.

Среднюю по сечению нормативную температуру элементов или их частей допускается принимать равной:

для бетонных, железобетонных и полимерно-композиционных элементов в холодное время года, а также для металлических конструкций в любое время года – нормативной температуре наружного воздуха;

для бетонных и железобетонных элементов в теплое время года – нормативной температуре наружного воздуха за вычетом величины, численно равной  $0,2a$ , но не более  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , где  $a$  – толщина элемента или его части, см, включая одежду ездового полотна автодорожных мостов.

Температуру элементов со сложным поперечным сечением следует определять как средневзвешенную по температуре отдельных элементов (стенок, полок и др.).

Нормативные температуры воздуха в теплое  $t_{n,T}$  и холодное,  $t_{n,X}$  время года следует принимать равными:

а) при разработке типовых проектов, а также проектов для повторного применения на территории страны:

- для конструкций, предназначенных для районов с расчетной минимальной температурой воздуха ниже минус  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$t_{n,T} = +40\text{ }^{\circ}\text{C}; \quad t_{n,X} = -50\text{ }^{\circ}\text{C};$$

- для конструкций, предназначенных для остальных районов,

$$t_{n,T} = +40\text{ }^{\circ}\text{C}; \quad t_{n,X} = -40\text{ }^{\circ}\text{C};$$

б) в других случаях

$$t_{n,T} = t_{VII} + T, \tag{2.29}$$

где  $t_{VII}$  – средняя температура воздуха самого жаркого месяца, принимаемая по таблице 3\* СНиП 23-01;

$T$  – средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее теплого месяца, принимаемая по таблице 2\* СНиП 23-01.

Нормативную температуру  $t_{n,X}$  принимают равной расчетной минимальной температуре воздуха в районе строительства в соответствии с п. 1.39.

Влияние солнечной радиации на температуру элементов следует учитывать в виде дополнительного нагрева на  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  освещенного солнцем поверхностного слоя толщиной 15 см (включая одежду ездового полотна).

Температуры замыкания конструкций, если они в проекте не оговорены, следует принимать равными,  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

$$t_{3,T} = t_{n,T} - 15, \tag{2.30}$$

$$t_{3,X} = t_{n,X} + 15, \tag{2.31}$$

При расчете сталежелезобетонных пролетных строений следует учитывать влияние неравномерного распределения температуры по сечению элементов, вызываемого изменением температуры воздуха и солнечной радиацией.

При расчете перемещений коэффициент линейного расширения следует принимать для стальных и сталежелезобетонных конструкций равным  $1,2 \cdot 10^{-5}$  и для железобетонных конструкций –  $1,0 \cdot 10^{-5}$ .

**НП 6.5.4.4(2)** Продольное сопротивление сдвигу между рельсовым путем и пролетным строением – принимается в соответствии с EN 1991-2. (Альтернативных требований нет в действующих нормативных документах)

**НП 6.5.4.5** Параметры расчетов рельсового пути на мосту определяются ТУ-2000 «Технические Указания по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути».

**НП 6.5.4.5.1(2)** Минимальное значение радиуса рельсового пути определяется в соответствии с п.4.20 СТН-Ц-01-95 «Железные дороги колеи 1520 мм»

**НП 6.5.4.5.1(2)** Предельные значения напряжений в рельсах принимать определяются ТУ-2000 «Технические Указания по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути» и «Методикой оценки воздействия на путь по условиям обеспечения его надежности» №ЦПТ-52/14.

**НП 6.5.4.6** Параметры расчетов рельсового пути на мосту определяются ТУ-2000 «Технические Указания по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути».

**НП 6.5.4.6.1(1)** Параметры расчетов рельсового пути на мосту определяются ТУ-2000 «Технические Указания по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути».

**НП 6.5.4.6.1(4)** Продольное сопротивление сдвигу - принимается в соответствии с EN 1991-2.

**НП 6.6.1(3)** Аэродинамические воздействия от проходящих поездов не учитываются при скоростях движения до 180 км/ч. При скоростях движения выше 180 км/ч аэродинамические воздействия от проходящих поездов учитываются в соответствии с EN 1991-2.

**НП 6.7.1(2)Р** Воздействия, возникающие при сходе с рельсов железнодорожного транспорта на железнодорожном мосту принять в соответствии с EN 1991-2 с коэффициентом  $\alpha=1$ .

**НП 6.7.1(8)Р** Требования для удержания сошедшего с рельсов поезда на конструкции принять в соответствии с EN 1991-2.

**НП 6.7.3(1)Р** Другие воздействия и их сочетания, которые следует учитывать при расчете конструкции следует принимать в соответствии с требованиями п. 6.27 СП 35.13330.2011.

**НП 6.8.1(11)Р** Требования по загрузению количества путей при определении прогибов конструкции принять в соответствии с EN 1991-2.

**НП 6.8.2(2)** Оценка групп нагрузок производится в соответствии с коэффициентами, приведенными в таблице 6.11 EN 1991-2.

**НП 6.8.3.1(1)** Часто встречающиеся значения многокомпонентных воздействий следует учитывать в соответствии с гл.6 СП 35.13330.2011.

**НП 6.8.3.2(1)** Квазипостоянные значения многокомпонентных воздействий – не определены.

**НП 6.9(6)** Расчетный срок эксплуатации сооружения следует принимать:

- для железобетонных мостов – 80 лет,

- для металлических мостов – 100 лет.

**НП 6.9(7)** Специальная транспортная композиция для расчета на выносливость требует дополнительного определения.

**НП Приложение С(3)Р** динамический коэффициент – принять предлагаемые параметры.

**НП Приложение С(3)Р** метод расчета динамического коэффициента для скорости более 200 км/ч принять:

для элементов стальных и сталежелезобетонных пролетных строений, а также элементов стальных опор железнодорожных мостов (кроме основных элементов главных ферм неразрезных пролетных строений) независимо от рода езды (на балласте или поперечинах)

$$\varphi' = \frac{18}{30 + \lambda},$$

но не менее 1,15;

основных элементов главных ферм железнодорожных мостов с неразрезными пролетными строениями

$$\varphi' = \frac{14}{30 + \lambda},$$

но не менее 1,15;

для железобетонных балочных пролетных строений, рамных конструкций (в том числе для сквозных надарочных строений), а также для железобетонных сквозных, тонкостенных и стоечных опор

$$\varphi' = \frac{10}{20 + \lambda},$$

где  $\lambda$  – длина загрузки элемента, для которого определяется  $\varphi'$ .

**НП Приложение D2(2)** – принять величину  $\gamma_{FF}=1$ .