



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ДСТУ EN 1991-2:20XX

(EN 1991-2:2023, IDT)

ЄВРОКОД 1

ДІЇ НА КОНСТРУКЦІЇ

**Частина 2. Рухомі навантаження на мости
та інші інженерні споруди**

(Проект, перша редакція)

Київ
ДП «УкрНДНЦ»
20__

ПЕРЕДМОВА

- 1 РОЗРОБЛЕНО: Технічний комітет стандартизації «Металобудівництво» (ТК 301)
- 2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ») від _____. 20__ р. № _____ з 20__ – __ – ____
- 3 Національний стандарт відповідає 1991-2:2023 «Eurocode 1 – Actions on structures – Part 2: Traffic loads on bridges and other civil engineering works» (Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 2. Рухомі навантаження на мости та інші інженерні споруди) і внесений з дозволу CEN-CENELEC, Rue de la Science 23, B-1040 Brussels, Belgium. Усі права щодо використання європейських стандартів у будь-якій формі й будь-яким способом залишаються за CEN-CENELEC
- Ступінь відповідності – ідентичний (IDT)
- Переклад з англійської (en)
- 4 Цей стандарт розроблено згідно з правилами, установленими в національній стандартизації України
- 5 НА ЗАМІНУ ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010 (EN 1991-2:2003, IDT),
Зміни № 1 ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010 (EN 1991-2:2003, IDT)

Право власності на цей національний стандарт належить державі.
Заборонено повністю або частково видавати, відтворювати
задля розповсюдження і розповсюджувати як офіційне видання
цей національний стандарт або його частини на будь-яких носіях інформації
без дозволу ДП «УкрНДНЦ» чи уповноваженої ним особи

ДП «УкрНДНЦ», 20XX

ЗМІСТ

	С.
Національний вступ.....	IX
Передмова до EN 1991-2:2023	XI
Вступ.....	XIII
1 Сфера застосування	1
2 Нормативні посилання	2
3 Терміни та визначення понять.....	4
3.1 Терміни та визначення понять	4
3.2 Позначки та скорочення.....	9
4 Класифікація дій.....	21
4.1 Загальні положення.....	21
4.2 Змінні дії	21
4.3 Аварійні дії.....	25
5 Розрахункові ситуації	26
5.1 Загальні положення.....	26
5.2 Одночасність рухомих навантаж	26
6 Дії, спричинені дорожнім рухом, та інші дії, специфічні для автодорожніх мостів	27
6.1 Сфера застосовних значень	27
6.2 Подання дій.....	28
6.2.1 Моделі рухомих навантаж, спричинених дорожнім рухом.....	28
6.2.2 Класи за навантаженням	29
6.2.3 Поділ проїзної частини на умовні смуги руху	29
6.2.4 Розташування та нумерація смуг руху для проєктування	31
6.2.5 Застосування моделей навантаги на окремих смугах руху.....	32
6.3 Вертикальні навантаги: характеристичні значення	33
6.3.1 Загальні положення.....	33
6.3.2 Модель навантаги 1	33
6.3.3 Модель навантаги 2	37
6.3.4 Модель навантаги 3 (спеціальні транспортні засоби).....	38
6.3.5 Модель навантаги 4 (навантаження від натовпу)	38
6.3.6 Розподіл зосереджених навантаж.....	39
6.4 Горизонтальні сили: характеристичні значення	40
6.4.1 Сили гальмування та прискорення	40

6.4.2 Відцентрові та інші поперечні сили	42
6.5 Групи рухомих навантаг на автодорожні мости (багатокомпонентні дії)	43
6.5.1 Характеристичні значення в усталених розрахункових ситуаціях	43
6.5.2 Інші репрезентативні значення.....	46
6.5.3 Групи навантаг у перехідних розрахункових ситуаціях	47
6.6 Моделі втомлювальної навантаги	47
6.6.1 Загальні положення.....	47
6.6.2 Коефіцієнт динамічності.....	49
6.6.3 Розташування моделей втомлювальної навантаги для оцінювання загальних і місцевих ефектів	50
6.6.4 Категорія транспортного руху на мосту	51
6.6.5 Модель втомлювальної навантаги 1 (подібна до LM1).....	53
6.6.6 Модель втомлювальної навантаги 2 (конфігурація «типового транспортного потоку» вантажних автомобілів).....	53
6.6.7 Модель втомлювальної навантаги 3 (конфігурація проїзду одиничного транспортного засобу)	55
6.6.8 Модель втомлювальної навантаги 4 (конфігурація потоку «стандартних» вантажних автомобілів).....	56
6.6.9 Модель втомлювальної навантаги 5 (на основі зафіксованих даних дорожнього руху).....	59
6.7 Сили, спричинені зіткненням, та інші дії в аварійних розрахункових ситуаціях ..	60
6.7.1 Загальні положення.....	60
6.7.2 Сили, спричинені зіткненням транспортних засобів із нижніми конструкціями моста.....	61
6.7.3 Дії, спричинені транспортними засобами на мосту.....	61
6.8 Дії на пішохідні парапети.....	67
6.9 Модель навантаги на геотехнічні конструкції: характеристичні значення	68
6.9.1 Загальні положення.....	68
6.9.2 Розподілені вертикальні навантаги.....	69
6.9.3 Спрощені вертикальні навантаги з урахуванням перерозподілу	70
6.9.4 Горизонтальна сила, прикладена до берегових опор.....	71
7 Дії на пішохідні й велосипедні доріжки та пішохідні мости.....	72
7.1 Область застосовних значень	72
7.2 Подання дій	73
7.2.1 Моделі навантаги	73

7.2.2 Застосування моделей навантаги.....	74
7.3 Статичні моделі для вертикальних навантаг: характеристичні значення.....	74
7.3.1 Загальні положення.....	74
7.3.2 Рівномірно розподілена навантаги.....	75
7.3.3 Зосереджена навантаги.....	75
7.3.4 Транспортний засіб для технічного обслуговування.....	76
7.4 Статична модель дії горизонтальних сил: характеристичні значення (лише для пішохідних мостів).....	77
7.5 Групи рухомих навантаг (лише для пішохідних мостів)	77
7.6 Сили, спричинені зіткненням, та інші дії в аварійних розрахункових ситуаціях (лише для пішохідних мостів)	78
7.6.1 Загальні положення.....	78
7.6.2 Сили, спричинені зіткненням транспортних засобів із нижніми конструкціями пішохідного моста	78
7.6.3 Випадкова присутність транспортних засобів на пішохідному мосту	79
7.7 Динамічні моделі навантаг, спричинених рухом пішоходів (лише для пішохідних мостів).....	80
7.8 Дії на парапети.....	80
7.9 Модель навантаги на берегові опори та суміжні стіни моста	81
8 Дії, спричинені залізничним рухом, та інші дії, специфічні для залізничних мостів ...	81
8.1 Область застосовних значень	81
8.2 Подання дій: характер навантаг, спричинених залізничним рухом.....	84
8.3 Вертикальні навантаги: моделі навантаг, характеристичні значення (статичні ефекти) та ексцентриситет і розподілене навантаження.....	85
8.3.1 Загальні положення.....	85
8.3.2 Модель навантаги 71	85
8.3.3 Моделі навантаги SW/0 та SW/2	88
8.3.4 Модель навантаги «ненавантаженого потяга»	90
8.3.5 Ексцентриситет вертикальних навантаг (моделі навантаги 71 та SW/0) ...	91
8.3.6 Розподіл прикладених у певних точках чи осьових навантаг між рейками, шпалами та баластом	92
8.3.7 Дії на тротуари службового призначення	97
8.4 Динамічні ефекти (охоплюючи резонанс)	97
8.4.1 Загальні положення.....	97

8.4.2 Чинники, що впливають на динамічну поведінку	98
8.4.3 Загальні правила проектування	99
8.4.4 Умови, за яких потрібен динамічний розрахунок	100
8.4.5 Коефіцієнт динамічності Φ (Φ_2 , Φ_3).....	104
8.4.6 Динамічний розрахунок.....	111
8.5 Горизонтальні сили: характеристичні значення	129
8.5.1 Відцентрові сили.....	129
8.5.2 Сила бічного тиску коліс	137
8.5.3 Дії внаслідок тяги та гальмування.....	138
8.5.4 Сумісна реакція конструкції та залізничної колії на змінні дії.....	140
8.6 Аеродинамічні дії внаслідок проїзду потягів	160
8.6.1 Загальні положення.....	160
8.6.2 Прості вертикальні елементи конструкцій із поверхнями, паралельними до залізничної колії (наприклад, шумові бар'єри)	162
8.6.3 Прості горизонтальні поверхні конструкцій над залізничною колією (наприклад, захисних навісів).....	170
8.6.4 Прості горизонтальні поверхні прилеглих до залізничної колії конструкцій (наприклад, навіси над платформою без вертикальних стін)	172
8.6.5 Конструкції, розташовані біля залізничної колії, з вертикальними, горизонтальними чи похилими поверхнями (наприклад, вигнуті шумові бар'єри, навіси над платформою з вертикальними стінами тощо)	174
8.6.6 Поверхні конструкцій, що охоплюють габарит залізничної колії на обмеженій довжині (до 20 м): горизонтальна поверхня над колією та принаймні одна вертикальна стіна (наприклад, риштування, тимчасові конструкції)	175
8.7 Сходження з рейок та інші дії на залізничні мости	175
8.7.1 Загальні положення: сходження з рейок.....	175
8.7.2 Дії на залізничний міст внаслідок сходження з рейок залізничного транспорту	176
8.7.3 Дії, спричинені сходженням з рейок під конструкцією чи поряд із нею, та інші дії в аварійних розрахункових ситуаціях	179
8.7.4 Інші дії	179
8.8 Додаткові правила застосування рухомих навантаг для залізничних мостів.....	180
8.8.1 Загальні положення.....	180
8.8.2 Групи навантаг: характеристичні значення багатокomпонентної дії.....	183
8.8.3 Групи навантаг: інші репрезентативні значення багатокomпонентних дій ..	189

8.8.4 Рухомі навантаги в перехідних розрахункових ситуаціях.....	189
8.9 Рухомі навантаги для оцінювання втомних пошкоджень.....	190
8.10 Моделі статичної навантаги для геотехнічних споруд: характеристичні значення.....	192
8.10.1 Загальні положення.....	192
8.10.2 Розподілені вертикальні навантаги.....	193
8.10.3 Визначені спрощеним методом вертикальні навантаги з урахуванням перерозподілу.....	195
Додаток А (довідковий) Моделі навантаги від спеціальних транспортних засобів для автодорожніх мостів	197
А.1 Використання цього додатка	197
А.2 Сфера застосування та область застосовних значень.....	197
А.3 Базові моделі навантаги від спеціальних транспортних засобів	198
А.4 Застосування моделей навантаги, спричиненої спеціальними транспортними засобами на проїзну частину.....	201
Додаток В (довідковий) Оцінка втомної довговічності автодорожніх мостів. Метод оцінювання на основі зафіксованих даних дорожнього руху	205
В.1 Використання цього додатка	205
В.2 Сфера застосування та область застосовних значень	205
В.3 Оцінка втомної довговічності автодорожніх мостів.....	205
Додаток С (обов'язковий) Коефіцієнти динамічності $1 + \varphi$ для конфігурацій «реальних потягів»	211
С.1 Використання цього додатка	211
С.2 Сфера застосування та область застосовних значень	211
С.3 Коефіцієнти динамічності для конфігурацій «реальних потягів».....	211
Додаток D (обов'язковий) Основні принципи оцінювання втомної довговічності конструкцій залізничних споруд.....	215
D.1 Використання цього додатка	215
D.2 Сфера застосування та область застосовних значень	215
D.3 Припущення щодо втомлювальних дій	215
D.4 Загальний метод проєктування.....	216
D.5 Типи потягів для розрахунків втомної довговічності.....	217
Додаток Е (довідковий) Межі застосовності моделі навантаги HSLM.....	224
Е.1 Використання цього додатка	224

E.2 Сфера застосування та область застосовних значень	224
E.3 Межі застосовності моделі навантаги HSLM.....	224
E.4 Динамічна характеристика потяга.....	227
Додаток F (довідковий) Моделі навантаги від руху залізничного транспорту в перехідних розрахункових ситуаціях	230
F.1 Використання цього додатка	230
F.2 Сфера застосування та область застосовних значень.....	230
F.3 Моделі навантаги від руху залізничного транспорту в перехідних розрахункових ситуаціях.....	230
Додаток G (довідковий) Моделі динамічної навантаги для пішохідних мостів.....	231
G.1 Використання цього додатка.....	231
G.2 Сфера застосування та область застосовних значень	231
G.3 Класи за типом рухомої навантаги	232
G.4 Моделі гармонічної навантаги від пішохідного потоку	233
G.5 Моделі гармонічної навантаги від поодиноких пішоходів	235
G.6 Модель гармонічної навантаги від поодинокого бігуна чи групи бігунів.....	236
G.7 Гармонічна навантага від навмисного збурення коливань	238
G.8 Рекомендації щодо розрахунку	239
G.8.1 Оцінювання власних частот і форм коливань	239
G.8.2 Оцінювання маси.....	239
G.8.3 Оцінювання жорсткості.....	239
G.8.4 Оцінювання демпфування конструкції	240
G.8.5 Визначення максимального прискорення.....	242
G.8.6 Критерії перевіряння бічного резонансного захоплення.....	242
G.8.7 Контролювання коливань.....	243
Бібліографія	244
Додаток НА (довідковий) Перелік національних стандартів України, ідентичних європейським та міжнародним нормативним документам, посилання на які є в цьому стандарті	250

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей національний стандарт ДСТУ EN 1991-2:20XX (EN 1991-2:2023, IDT) «Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 2. Рухомі навантаження на мости та інші інженерні споруди», прийнятий методом перекладу, – ідентичний щодо EN 1991-2:2023 (версія en) «Eurocode 1 – Actions on structures – Part 2: Traffic loads on bridges and other civil engineering works».

Технічний комітет стандартизації, відповідальний за цей стандарт в Україні, – ТК 301 «Металобудівництво».

Цей стандарт розроблено на заміну ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010 (EN 1991-2:2003, IDT), Зміни № 1 ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010 (EN 1991-2:2003, IDT).

У цьому національному стандарті зазначено вимоги, які відповідають законодавству України.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- слова «цей європейський стандарт», «ця частина стандарту» і «цей документ» замінено на «цей стандарт»;

- структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Передмову», «Національний вступ», першу сторінку, розділ «Бібліографічні дані» – оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;

- у Вступі, розділі 2, пунктах 6.7.3.4, 8.3.3, 8.3.4, 8.4.2, 8.4.6.5, 8.6.1, 8.7.2, 8.8.1, 8.8.2, додатку G та «Бібліографії» подано «Національне пояснення», виокремлене рамкою;

- рисунки подано відразу після тексту, де вперше виконано посилання на них, або на наступній сторінці;

- долучено довідковий додаток НА (Перелік національних стандартів України, ідентичних європейським та міжнародним нормативним документам, посилання на які є в цьому стандарті).

Копії нормативних документів, посилання на які є в цьому стандарті, можна отримати в Національному фонді нормативних документів.

ПЕРЕДМОВА ДО EN 1991-2:2023

Цей стандарт (EN 1991-2:2023) розроблено Технічним комітетом CEN/TC 250 «Будівельні Єврокоди», секретаріат якого діє за підтримки BSI (*British Standards Institution* – Британський інститут стандартів). CEN/TC 250 є відповідальним за всі будівельні Єврокоди, і на нього організацією CEN покладено відповідальність за питання в сфері конструкційного та геотехнічного проектування.

Цьому стандарту має бути надано статус національного стандарту за публікації ідентичного тексту чи схваленням не пізніше ніж у вересні 2027 року, а національні стандарти, положення яких суперечать цьому стандарту, має бути скасовано не пізніше ніж у березні 2028 року.

Потрібно звернути увагу на те, що деякі елементи цього стандарту можуть бути предметом патентних прав. CEN не несе відповідальності за ідентифікацію будь-якого чи всіх таких патентних прав.

Цей стандарт уведено на заміну EN 1991-2:2003.

Комплекс стандартів EN першого покоління Єврокодів було опубліковано у період від 2002 до 2007 року. Цей стандарт є частиною комплексу стандартів другого покоління Єврокодів, які розроблено згідно з дорученням M/515, виданим CEN Європейською комісією та Європейською асоціацією вільної торгівлі.

Ці Єврокоди містять положення, у яких встановлено вимоги щодо виконання конструкцій, використання матеріалів, продукції та випробувань, які призначено для застосування разом із відповідними стандартами на виконання конструкцій, на матеріали, продукцію та випробування.

У Єврокодах зазначено відповідальність кожної з держав-членів ЄС та забезпечено їхнє право за допомогою національних додатків

установлювати на національному рівні значення, пов'язані з нормативними вимогами щодо безпеки.

Усі відгуки й запитання щодо цього стандарту має бути спрямовано до національних органів зі стандартизації у країнах користувачів. Повний перелік цих органів опубліковано на веб-сторінці CEN.

Відповідно до внутрішніх настановних документів CEN-CENELEC цей стандарт зобов'язані прийняти національні органи стандартизації таких країн: Австрії, Бельгії, Болгарії, Хорватії, Кіпру, Чеської Республіки, Данії, Естонії, Фінляндії, Франції, Німеччини, Греції, Угорщини, Ісландії, Ірландії, Італії, Латвії, Литви, Люксембургу, Мальти, Нідерландів, Норвегії, Польщі, Португалії, Республіки Північної Македонії, Румунії, Сербії, Словаччини, Словенії, Іспанії, Швеції, Швейцарії, Туреччини та Великої Британії.

ВСТУП

0.1 Вступ до комплексу Єврокодів

Комплекс будівельних Єврокодів містить зазначені нижче стандарти, що зазвичай складаються з кількох частин:

- EN 1990 Єврокод. Основи будівельного та геотехнічного проектування;
- EN 1991 Єврокод 1. Дії на конструкції;
- EN 1992 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій;
- EN 1993 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій;
- EN 1994 Єврокод 4. Проектування сталезалізобетонних конструкцій;
- EN 1995 Єврокод 5. Проектування дерев'яних конструкцій;
- EN 1996 Єврокод 6. Проектування кам'яних конструкцій;
- EN 1997 Єврокод 7. Геотехнічне проектування;
- EN 1998 Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій;
- EN 1999 Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій;
- нові частини Єврокодів, що перебувають у стадії розроблення, зокрема, Єврокод із проектування скляних конструкцій.

Єврокоди призначено для використання проєктувальниками, замовниками, виробниками, будівельниками, компетентними органами влади (під час виконання їхніх обов'язків згідно з національними чи міжнародними нормами), викладачами, розробниками програмного забезпечення та технічними комітетами, які розробляють стандарти на відповідну продукцію, випробування та виконання конструкцій.

Примітка. Найдоцільніше, якщо деякі аспекти проектування, залежно від обставин, визначатимуть компетентні органи влади або, в іншому разі, їх може бути узгоджено відповідними сторонами-учасниками конкретного проєкту, наприклад,

проектувальниками та замовниками. У Єврокодах такі аспекти зазначено прямим посиланням на компетентні органи влади та учасників проекту.

0.2 Вступ до EN 1991 (всі частини)

EN 1991 у поєднанні з EN 1990 та іншими Єврокодами визначає дії для застосування у конструкційному та геотехнічному проектуванні будівель, мостів та інших цивільних інженерних споруд чи їхніх частин, разом із тимчасовими спорудами.

В EN 1991 не охоплено особливі вимоги щодо дій, застосовні до сейсмічних регіонів. Положення, які стосуються таких вимог, подано в EN 1998 (усі частини), що доповнюють EN 1991 та узгоджені з ним.

EN 1991 застосовують також до існуючих (раніше побудованих конструкцій) для:

- оцінювання технічного стану конструкцій;
- підсилення чи ремонтування,
- зміни призначеності.

Примітка 1. У цих ситуаціях може знадобитися введення додаткових положень чи змін до них.

EN 1991 застосовують також для проектування конструкцій, якщо використовувані матеріали чи дії не охоплено сферами застосування інших Єврокодів.

Примітка 2. У цьому разі може знадобитися введення додаткових положень чи змін до них.

EN 1991 поділено на такі частини:

- EN 1991-1-1 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-1. Питома вага матеріалів, власна вага будівельних споруд та експлуатаційні навантаги на будівлі;

- EN 1991-1-2 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Дії на конструкції під час пожежі;
- EN 1991-1-3 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-3. Снігові навантаги;
- EN 1991-1-4 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-4. Вітрові дії;
- EN 1991-1-5 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-5. Теплові дії;
- EN 1991-1-6 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-6. Дії під час виконання робіт;
- EN 1991-1-7 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-7. Аварійні дії;
- EN 1991-1-8 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-8. Дії хвиль і течій на берегові споруди
- EN 1991-1-9 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-9. Обледеніння внаслідок атмосферних впливів
- EN 1991-2 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 2. Рухомі навантаги на мости та інші цивільні інженерні споруди
- EN 1991-3 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 3. Дії, спричинені кранами та механізованим устаткуванням
- EN 1991-4 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 4. Силоси та резервуари

0.3 Вступ до EN 1991-2

EN 1991-2 разом з усіма відповідними Єврокодами містить настанови щодо проектування та визначення дій, пов'язаних з автодорожнім, пішохідним та залізничним рухом на мостах та цивільних інженерних спорудах.

EN 1991-2 призначено для застосування всіма сторонами, залученим до будівельної діяльності (наприклад, державними органами влади,

замовниками, проєктувальниками, підрядниками, виробниками, консультантами, технічними комітетами, які розробляють стандарти для проєктування конструкцій і пов'язаної продукції, стандарти з випробування і виконання конструкцій тощо).

EN 1991-2 призначено для використання у процесі проєктування конструкцій разом із EN 1990, іншими частинами EN 1991 та стандартами EN 1992–EN 1999.

0.4 Додаткова інформація, що стосується EN 1991-2

В EN 1991-2 визначено моделі рухомих навантаг для проєктування автодорожніх, пішохідних та залізничних мостів. У разі проєктування нових мостів EN 1991-2 призначено для використання безпосередньо разом із зазначеними Єврокодами.

Основні принципи комбінування рухомих навантаг із непов'язаними з рухом транспорту навантагами наведено в A.2 EN 1990:2023.

Для автодорожніх мостів визначені в 6.3.2 та 6.3.3 моделі навантаги 1 та 2, за врахування із поправковими коефіцієнтами α та β , які дорівнюють 1, вважають такими, що відображають найсуворіші навантаження від руху транспорту, які фактично існують чи можливі згідно з припущенням, за винятком спеціальних транспортних засобів, які потребують дозволів для проїзду основними маршрутами європейських країн.

Рух транспорту на інших маршрутах у цих і в деяких інших країнах може бути значно меншим чи краще контрольованим.

У разі залізничних мостів визначена в 8.3.2 модель навантаги 71 (разом із моделлю навантаги SW/0 для нерозрізних конструкційних елементів і мостового настилу) подає статичний ефект, спричинений стандартним рухомим складом залізничного транспорту, що здійснюється по стандартній чи ширшій за стандартну колії Європейської залізничної

мережі. Визначена у 8.3.3 модель навантаги SW/2 подає статичний ефект, спричинений важким рухомим складом залізничного транспорту.

Передбачено можливість адаптації заданої навантаги до умов руху з урахуванням рухомого складу різного типу, обсягу й максимальної ваги залізничного транспорту на різних залізницях, а також різної якості залізничних колій.

Крім того, для залізничних мостів передбачено дві додаткові моделі навантаги:

- модель навантаги від «ненавантаженого потяга» для перевіряння поперечної стійкості мостів та

- модель навантаги HSLM для подання навантаги, спричиненої пасажирськими потягами, що рухаються зі швидкістю понад 200 км/год.

Надано також рекомендації щодо спричинених проїздом потягів аеродинамічних дій на розташовані поруч із залізничними коліями конструкції, а також щодо інших дій, спричинених об'єктами залізничної інфраструктури.

Відповідальність за видання нормативних актів стосовно допустимих умов руху транспорту (зокрема, навантаження від транспортних засобів) та, якщо доцільно, за контролювання і надання дозволів, наприклад, на вантажні перевезення спеціальними транспортними засобами, може бути покладено на органи державної влади.

0.5 Дієслівні форми, які використано в Єврокодах

За допомогою дієслова «shall» виражають вимогу, якої має бути суворо дотримано і від якої, задля досягнення відповідності Єврокодам, не допустимо жодного відхилення.

За допомогою дієслова «should» виражають настійно рекомендований варіант чи спосіб дії. Відповідно до національних

регуляторних вимог та/або будь-яких відповідних договірних положень може бути використано/прийнято альтернативні підходи, якщо їхню доцільність технічно обґрунтовано.

За допомогою дієслова «тау» виражають спосіб дії, допустимий у межах сфери застосування Єврокодів.

За допомогою дієслова «сап» виражають можливість і здатність; його використовують для констатування фактів та роз'яснення понять.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

Для перекладу цього стандарту використано положення довідкового додатка Е ДСТУ 1.5:2015 «Національна стандартизація. Правила розроблення, викладання та оформлення національних нормативних документів» з урахуванням вимоги щодо дотримання принципу зворотності ідентичного перекладу згідно з ДСТУ 1.7:2015 «Національна стандартизація. Правила та методи прийняття міжнародних і регіональних нормативних документів», зокрема:

– вимоги, яких має бути суворо дотримано і від яких не допустимо жодного відхилення, сформульовано за допомогою висловів: «(не) потрібно + дієслово в неозначеній формі», «потрібно, щоб + стверджувальний вислів»; «(не) треба + дієслово в неозначеній формі», «має(-ють) + дієслово в неозначеній формі»;

– настійно рекомендований вибір чи спосіб дії сформульовано за допомогою висловів: «(не) рекомендовано + дієслово в неозначеній формі», «дієслово у формі 3 особи множини в безособовому значенні» (як усталена практика, рекомендована за умовчанням);

– спосіб дії, (не) допустимий у межах сфери застосування стандарту, сформульовано за допомогою вислову: «(не) допустимо + дієслово в неозначеній формі»; «(не) можна + дієслово в неозначеній формі»;

– спосіб дії, (не) можливий чи такий, що обумовлено (не) здатністю суб'єкта дії або (не) придатністю об'єкта дії для реалізації поставленої цілі, сформульовано за допомогою висловів: «(не) можливо + дієслово в неозначеній формі» «(не) може бути + дієслово в безособовій формі».

0.6 Національний додаток до EN 1991-2

Цей стандарт містить параметри, визначення яких допустимо на національному рівні, якщо про це чітко зазначено в примітках. Призначення параметрів, які визначають на національному рівні, означає обрання значень для національно визначених параметрів (*Nationally Determined Parameters, NDP*).

Національний стандарт, який імплементує EN 1991-2, може мати національний додаток, що містить усі визначені на національному рівні параметри, які має бути використано для проектування будівель і цивільних інженерних споруд, що буде зведено у відповідній країні.

Якщо відкриті для національного вибору параметри не визначено на національному рівні, то, за умовчанням, потрібно використовувати значення параметрів, подані у цьому стандарті.

Якщо відкриті для національного вибору параметри не визначено на національному рівні, а в цьому стандарті не подано застосовні за умовчанням значення параметрів, то параметри на національному рівні може бути визначено компетентним органом влади, або ж, якщо й ним не визначено ці параметри, то їх мають узгодити для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

Визначення на національному рівні параметрів, зазначених у EN 1991-2, дозволено за такими пунктами:

4.3(1); 5.2(4); 6.1(1); 6.1(2);

6.2.1(1);	6.2.1(2);	6.2.3(1);	6.3.2(4);
6.3.2(9);	6.3.3(1);	6.3.3(4);	6.3.4(1);
6.3.5(1);	6.4.1(2);	6.4.1(4);	6.4.2(5);
6.5.1 – 2 позиції вибору;	6.5.3(1);	6.6.1(2) – 2 позиції вибору;	6.6.2(2);
6.6.4(1);	6.6.4(2);	6.6.7(4);	6.6.8(2);
6.6.8(4);	6.6.8(5);	6.6.9(1);	6.7.1(2);
6.7.3.3(2);	6.7.3.3(3);	6.7.3.3(5) – 2 позиції вибору;	6.7.3.3(6);
6.7.3.4(1);	6.8(2);	6.8(3);	6.8(5);
6.8(6)	6.9.1(1);	6.9.2(1) – 4 позиції вибору;	6.9.3(1) – 2 позиції вибору;
7.3.2(1);	7.3.3(1);	7.3.4(4);	7.4(1);
7.6.3(1);	8.1(3);	8.1(7) – 2 позиції вибору;	8.3.2(4);
8.3.3(4)	8.3.6.4(5)	8.3.7(4)	8.4.4(1)
8.4.5.2(1);	8.4.5.4(1);	8.4.5.4(2) – 2 позиції вибору;	8.4.6.1.1(2);
8.4.6.1.1(4);	8.4.6.1.1(5);	8.4.6.1.1(7);	8.4.6.1.2(3);
8.4.6.2(1);	8.4.6.2(2);	8.4.6.2(7);	8.4.6.2(8);
8.4.6.2(9);	8.4.6.3.1(3);	8.4.6.3.2(2);	8.4.6.3.3(4);
8.4.6.3.3(5);	8.4.6.5(4);	8.4.6.6(4);	8.4.6.6(6);
8.5.1(2);	8.5.1(8);	8.5.1(13);	8.5.3(6);
8.5.3(10);	8.5.3(11);	8.5.3(14);	8.5.4.1(5);
8.5.4.3(1);	8.5.4.3(2) – 2 позиції вибору;	8.5.4.4(3);	8.5.4.4(6);
8.5.4.5;	8.5.4.5.1(2);	8.5.4.5.1(3);	8.5.4.6.1(1);
8.5.4.6.3(1);	8.5.4.6.3(4);	8.6.1(4);	8.6.1(6);
8.7.2(2);	8.7.2(7);	8.7.2(8);	8.7.4(2);

8.8.1(1);	8.8.1(2);	8.8.1(7);	8.8.2(3);
8.8.3.1(1);	8.8.3.2(1);	8.8.4(1);	8.9(2);
8.9(3);	8.9(4);	8.10.1(1);	8.10.1(7);
8.10.2(1) – 3	8.10.3(1) – 2	8.10.3(2);	C.3(2) – 2
позиції вибору;	позиції вибору;		позиції вибору;
D.4(2);	D.5(1).		

В EN 1991-2 відкритими для застосування на національному рівні є такі довідкові додатки:

додаток А; додаток В; додаток Е; додаток F; додаток G.

Національний додаток може містити, безпосередньо чи за допомогою посилання, додаткову інформацію, що не суперечить положенням стандарту і призначена для спрощення процесу його впровадження, не змінюючи жодним чином будь-яких положень Єврокодів.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ЄВРОКОД 1. ДІЇ НА КОНСТРУКЦІЇ**ЧАСТИНА 2. РУХОМІ НАВАНТАЖЕННЯ НА МОСТИ ТА ІНШІ
ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ****EUROCODE 1 – ACTIONS ON STRUCTURES –****PART 2: TRAFFIC LOADS ON BRIDGES AND OTHER CIVIL ENGINEERING WORKS**

Чинний від 20XX-XX-XX**1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ****1.1 Сфера застосування**

(1) У цьому стандарті визначено експлуатаційні навантаги (моделі й репрезентативні значення), пов'язані з автомобільним, пішохідним та залізничним рухом, які охоплюють, за потреби, динамічні ефекти, відцентрові дії, дії гальмування і прискорення, а також дії в аварійних розрахункових ситуаціях.

(2) Експлуатаційні навантаги, визначені в цьому стандарті, застосовують для проєктування нових мостів, охоплюючи мостові настили, проміжні опори, берегові опори та відповідні стіни (наприклад, парапетні (бортові) стінки, укисні відкритки та торцеві (флангові) стінки), а також їхні фундаменти. Ці експлуатаційні навантаги може бути використано також для проєктування інших конструкцій, підданих рухомим навантагам (наприклад, плит автодорожніх тунелів, шумових бар'єрів та їхніх фундаментів). Якщо доцільно, ці навантаги, поєднані з додатковими умовами, за потреби, може бути розглянуто також як основу для оцінювання технічного стану чи модифікації існуючих конструкцій.

(3) Моделі та значення навантаг, подані в цьому стандарті, застосовують також для проєктування підпірних стін, що примикають до автомобільних доріг і залізничних колій, а також для проєктування

земляних споруд, які піддано діям, спричиненим автомобільним чи залізничним рухом. Цей стандарт містить також умови застосування конкретних моделей навантаги.

(4) Цей стандарт призначено для застосування разом із EN 1990, іншими застосовними для проєктування конструкцій частинами EN 1991 та EN 1992–EN 1999.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

Цей стандарт містить посилання на зазначені нижче документи у такий спосіб, що частина або весь їхній зміст обґрунтовує викладені в ньому вимоги. У разі датованих посилань застосовують тільки наведені видання. У разі недатованих посилань потрібно користуватись останнім виданням нормативних документів (разом зі змінами).

Примітка. У Бібліографії подано перелік інших документів, посилання на які зазначено в цьому стандарті, але які не становлять вимогу, та тих, що наведено для використання як рекомендовані (тобто в пунктах, сформульованих як рекомендації – «*should*» clauses), дозволені (в пунктах, сформульованих як дозволи – «*may*» clauses), можливі (в пунктах, сформульованих як можливість – «*can*» clauses), а також у примітках.

EN 1990 Eurocode – Basis of structural and geotechnical design

EN 1992 (all parts) Eurocode 2 – Design of concrete structures

EN 1993 (all parts) Eurocode 3 – Design of steel structures

EN 1994 (all parts) Eurocode 4 – Design of composite steel and concrete structures

EN 1995-1-1¹ Eurocode 5 – Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings

¹ На розгляді. Стадія на час публікації цього стандарту: prEN 1995-1-1:2023.

EN 1997-1² Eurocode 7 – Geotechnical design – Part 1: General rules

EN 1999 (all parts) Eurocode 9 – Design of aluminium structures

EN 15663 Railway applications – Vehicle reference masses

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

EN 1990 Єврокод. Основи будівельного та геотехнічного проектування

EN 1992 (всі частини) Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій

EN 1993 (всі частини) Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій

EN 1994 (всі частини) Єврокод 4. Проектування стале залізобетонних конструкцій

EN 1995-1-1 Єврокод 5. Проектування дерев'яних конструкцій. Частина 1-1. Загальні вимоги. Загальні правила і правила для будівель

EN 1997-1 Єврокод 7. Геотехнічне проектування. Частина 1. Загальні правила

EN 1999 (всі частини) Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій

EN 15663 Залізничний транспорт. Контрольні маси транспортних засобів

² На розгляді. Стадія на час публікації цього стандарту: prEN 1997-1:2022.

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цьому стандарті вжито терміни та визначення понять згідно з EN 1990, а також подані нижче.

3.1 Терміни та визначення понять

3.1.1 Узгоджені терміни та загальні визначення

3.1.1.1 мостове полотно; мостовий настил (*deck*)

Частини моста, що сприймають рухомі навантаги й передають їх на проміжні опори, берегові опори та різні стіни; пілони до мостового полотна не належать

3.1.1.2 дорожні обмежувальні системи (*road restraint system*)

Обмежувальні системи для транспортних засобів та обмежувальні системи для пішоходів, що використовують в умовах дорожнього руху.

Примітка 1. Залежно від призначеності, дорожні обмежувальні системи можуть бути:

- постійними (стаціонарними) чи тимчасовими (знімними, тобто їх можна демонтувати й використовувати для виконання тимчасових дорожніх робіт, за надзвичайних ситуацій чи подібних обставин);

- деформівними чи жорсткими;

- одnobічними (що можуть зазнавати удару лише з одного боку) чи двобічними (що можуть зазнавати удару з обох боків).

[Джерело: EN 1317-1:2010 зі змінами: долучено примітку 1]

3.1.1.3 бар'єр безпеки (*safety barrier*)

Безперервна обмежувальна система для транспортних засобів, установлена вздовж дороги чи по центральній розділювальній смузі дороги.

[Джерело: 4.3 EN 1317-1:2010]

3.1.1.4 транспортний парапет (*vehicle parapet*)

Бар'єр безпеки, встановлений по боках моста, на підпірній стіні чи подібній конструкції, де є перепад за висотою, і який може слугувати для додаткового захисту та обмежування пішоходів та інших учасників дорожнього руху (комбінована огорожа для транспортних засобів і пішоходів).

[Джерело: 4.6 EN 1317-1:2010]

3.1.1.5 обмежувальна система для пішоходів (*pedestrian restraint system*)

Система, встановлена для забезпечення обмежування пішоходів.

[Джерело: 4.8 EN 1317-1:2010]

3.1.1.6 пішохідний парапет (*pedestrian parapet*)

Обмежувальна система для пішоходів чи «інших користувачів», яку встановлено вздовж моста чи на підпірній стіні або подібній конструкції і яку не призначено для застосування як обмежувальну систему для дорожніх транспортних засобів

3.1.1.7 шумовий бар'єр (*noise barrier*)

Екран для зменшення передачі шуму

3.1.1.8 пішохідний міст (*footbridge*)

Міст, призначений переважно для сприймання навантаг від пішоходів та/або велосипедних доріжок, і який не допустимо навантажувати ні автотранспортним, ні будь-яким залізничним рухомим складом, за винятком дозволених транспортних засобів, наприклад, для технічного обслуговування

3.1.1.9 цивільні інженерні споруди (*civil engineering work*)

Поняття, що охоплює споруду, таку як міст, дорога, залізниця, злітно-посадкова смуга, інженерні комунікації чи каналізаційну

систему, або означає результат таких будівельних операцій, як земляні споруди й геотехнічні процеси, але не охоплює будівлі та пов'язані з нею будівельні роботи

3.1.1.10 геотехнічна конструкція (*geotechnical structure*)

Конструкція, яку утворено з ґрунту, або конструкційний елемент, що опирається на ґрунт для забезпечення опору

3.1.2 Терміни та визначення, що стосуються безпосередньо автодорожніх мостів

3.1.2.1 проїзна частина (*carriageway*)

Зона на прогоновій будові, розташування якої визначають за найменшим значенням ширини: між бордюрами чи між внутрішніми межами обмежувальних систем для транспортних засобів

3.1.2.2 тверде узбіччя (*hard shoulder*)

Смуга з покритвом завширшки зазвичай в одну смугу руху, що примикає до крайньої фізично визначеної смуги руху, призначена для використання транспортними засобами у разі виникнення ускладнень чи перешкоджання проїзду фізично визначеними смугами руху

3.1.2.3 смуга безпеки (*hard strip*)

Смуга з покритвом, завширшки зазвичай до 2 м включно, розташована вздовж фізично визначеної смуги руху, а також між цією смугою руху й бар'єром безпеки чи транспортним парапетом

3.1.2.4 розділова смуга (*central reservation*)

Ділянка, що розділяє фізично визначені смуги руху на дорозі з двостороннім рухом.

Примітка. Зазвичай вона охоплює резервну смугу та бічні смуги безпеки, відділені від резервної смуги бар'єрами безпеки

3.1.2.5 умовна смуга руху (*notional lane*)

Смуга проїзної частини, розташована паралельно краю проїзної частини, на якій, як передбачено у розділі 4, може вміститися колона легкових та/або вантажних автомобілів

3.1.2.6 залишкова площа (*remaining area*)

Різниця (якщо вона є) між загальною площею проїзної частини й сумою площ умовних смуг.

Примітка. Див. рисунок 6.1.

3.1.2.7 тандемна система (*tandem system*)

Блок із двох послідовно з'єднаних та, за припущенням, одночасно навантажуваних осей (транспортних засобів)

3.1.2.8 наднормативна навантага (*abnormal load*)

Навантага від транспортного засобу, не допустима без дозволу компетентного органу влади для виконання перевезень певним маршрутом

3.1.2.9 бордюр (*kerb*)

У контексті розділів 6 та 7, крайовий елемент з каменю, бетону чи іншого матеріалу, що відмежовує проїзну частину від прилеглих зон (узбіччя, островців безпеки, велосипедних чи пішохідних доріжок).

Примітка. Бордюри бувають вертикального типу, щоб створювати бар'єр та перешкоджати наїзду транспортних засобів з проїзної частини, чи низького або похилого типу, які не мають бар'єрної функції

3.1.3 Терміни та визначення, що стосуються залізничних мостів

3.1.3.1 залізнична колія; колія (*track*)

Поняття, що охоплює рейки та шпали, укладені на баластну основу чи безпосередньо прикріплені до мостового полотна.

Примітка. Залізничні колії може бути оснащено деформаційними швами на одному чи обох кінцях мостового полотна. Розташування залізничних колій та товщину баласту допустимо змінювати впродовж строку служби мостів чи для технічного обслуговування залізничних колій

3.1.3.2 резонансна швидкість (*resonant speed*)

Швидкість руху, за якої частота навантаження збігається з частотою власних коливань конструкції (або кратна частоті власних коливань конструкції)

3.1.3.3 типова експлуатаційна швидкість (*frequent operating speed*)

Найбільш імовірна швидкість «реального потяга» конкретного типу на певній ділянці (застосовна для врахування втомлювальної навантаги)

3.1.3.4 максимальна лінійна швидкість руху на ділянці (*maximum line speed at the site*)

Максимальна допустима швидкість руху на ділянці, визначена для окремого проєкту (зазвичай, обмежена характеристиками інфраструктури чи вимогами щодо безпеки експлуатації залізниць)

3.1.3.5 максимальна допустима швидкість транспортного засобу (*maximum permitted vehicle speed*)

Максимальна допустима швидкість «реального потяга» з урахуванням особливостей транспортного засобу, яка, зазвичай, не залежить від інфраструктури

3.1.3.6 максимальна номінальна швидкість (*maximum nominal speed*)

Зазвичай, відповідає максимальній лінійній швидкості на ділянці; якщо зазначено у конкретному проєкті, для окремих «реальних

потягів» допустимо використовувати зменшену швидкість для перевіряння їхньої максимальної допустимої швидкості

3.1.3.7 максимальна розрахункова швидкість (*maximum design speed*)

Зазвичай, становить 1,2 максимальної номінальної швидкості

3.1.3.8 максимальна швидкість потяга за введення в експлуатацію (*maximum train commissioning speed*)

Максимальна швидкість, застосовна для випробування нового потяга перед уведенням його в експлуатацію, для спеціальних випробувань тощо.

Примітка. Ця швидкість зазвичай перевищує максимальну допустиму швидкість транспортного засобу, відтак для конкретного проєкту має бути визначено відповідні вимоги

3.1.3.9 класифікована вертикальна навантага (*classified vertical load*)

Значення рухомої навантаги від залізничного транспорту, помножене на коефіцієнт α .

3.2 Позначки та скорочення

L – у загальній ситуації, довжина навантаженої ділянки;

N_{obs} – кількість важких транспортних засобів;

P_j – компонент сили, утворений поодиноким бігуном;

P_w – компонент сили, утворений поодиноким пішоходом;

Q_{ak} – характеристичне значення навантаги від одної осі (Модель навантаги 2) для автодорожнього моста (див. 6.3.3);

Q_{ek} – модель навантаги, яка відповідає одиничній зосередженій навантазі та імітує дію рухомого складу на

дорожню поверхню (див. 6.9.2);

Q_{flk} – характеристичне значення горизонтальної сили, що діє на пішохідний міст;

Q_{fwk} – характеристичне значення зосередженої навантаги (колісної навантаги), що діє на пішохідний міст (див. 7.3.3);

Q_{ik} – діапазон характеристичних значень осьової навантаги (модель навантаги 1) на умовній i -тій смузі руху ($i = 1, 2...$) автодорожнього моста;

Q_{lk} – діапазон характеристичних значень поздовжніх сил (гальмування і прискорення), що діють на автодорожній міст;

Q_{serv} – модель навантаги, що відповідає транспортному засобу для технічного обслуговування пішохідних мостів (див. 7.3.4);

Q_{sv1}, Q_{sv2} – характеристичне значення групи осьових навантаж від транспортного засобу для технічного обслуговування (див. 7.6.3);

Q_{tk} – характеристичне значення поперечних чи відцентрових сил, що діють на автодорожні мости;

Q_{trk} – поперечна гальмівна сила, що діє на автодорожні мости;

S – площа навантаженої поверхні;

ТС – клас за типом рухомої навантаги від пішоходів;

TS – тандемна система, застосовна у моделі навантаги 1;

UDL – рівномірно розподілена навантага, застосовна у моделі навантаги 1

Латинські літери нижнього регістру

d – щільність пішоходів;

f_s – частота кроків;

g_{ri} – група навантаг, i є числом (i = від 1 до n);

N – кількість пішоходів на площі навантаженої поверхні S ;

n' – еквівалентна кількість пішоходів на площі навантаженої поверхні S ;

n_0 – базова просторова частота (0,1 цикл/м);

n_1 – кількість умовних смуг руху для розрахунку навантаження автодорожнього моста;

$p_w(t)$ – рівномірно розподілена гармонічна навантага від потоку пішоходів;

q_{ek} – модель навантаги, що відповідає рівномірно розподіленій навантазі та імітує дію рухомого складу автомобільного транспорту на дорожній покриттє (див. 6.9.2);

q_{fk} – характеристичне значення вертикальної рівномірно розподіленої навантаги на пішохідні доріжки чи пішохідні мости;

q_{ik} – характеристичне значення вертикальної розподіленої навантаги (модель навантаги 1) на умовну i -ту смугу руху ($i = 1, 2, \dots$) автодорожнього моста;

q_{rk} – характеристичне значення вертикальної розподіленої навантаги на залишковій площі проїзної частини (Модель навантаги 1);

r – горизонтальний радіус осьової лінії проїзної частини або

залізничної колії; також може означати поперечну відстань між колісними осями, що створюють вертикальну навантагу;

v_j – швидкість руху бігуна;

v_w – швидкість руху пішохода;

w – ширина проїзної частини автодорожнього моста з урахуванням твердого узбіччя, смуг безпеки й розмічальних смуг (див. 6.2.3(1));

w_l – ширина умовної смуги руху для визначення навантаження автодорожнього моста

Грецькі літери верхнього регістру

$\Delta\varphi_{fat}$ – додатковий коефіцієнт динамічності, який враховують для оцінювання втомлювальної навантаги в зоні деформаційних швів (див. 6.6.2)

Грецькі літери нижнього регістру

α_{Qi}, α_{qi} – поправкові коефіцієнти, які застосовують до моделі навантаги 1 на i -тих смугах руху ($i = 1, 2, \dots$) згідно з 6.3.2;

α_{qr} – поправковий коефіцієнт, який застосовують до моделі навантаги 1 на залишковій площі згідно з 6.3.2;

β_Q – поправковий коефіцієнт, який застосовують до моделі навантаги 2 згідно з 6.3.3;

φ_{fat} – коефіцієнт динамічності, який враховують для оцінювання втомлювальної навантаги (див. додаток В);

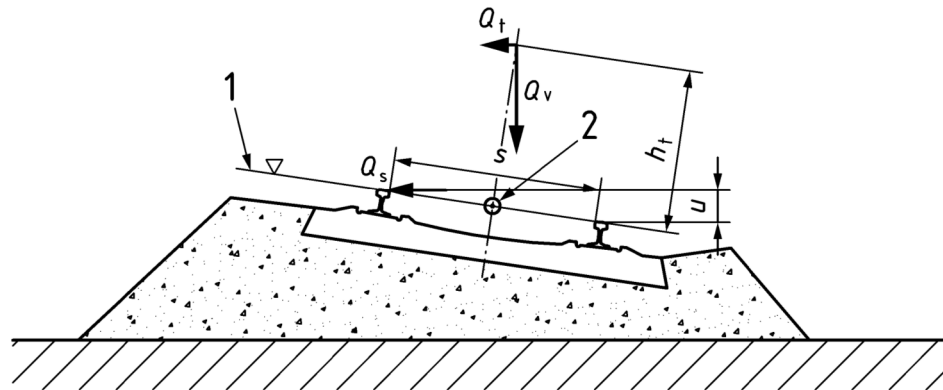
ξ – коефіцієнт конструкційного демпфування;

ψ_j – понижувальний коефіцієнт для врахування імовірності наближення частоти кроку («бігу підтюпцем») до

критичного діапазону частоти власних коливань, що розглядають;

ψ_w – понижувальний коефіцієнт для врахування імовірності наближення частоти кроку (ходьби) до критичного діапазону частоти власних коливань, що розглядають

3.2.3 Спеціальні символічні позначки для розділу 8



Умовні позначки:

1 – поверхня кочення;

2 – поздовжні сили Q_{la} та Q_{lb} , що діють уздовж осьової лінії залізничної колії

Рисунок 3.1 – Спеціальні позначки та розміри для залізниць

Латинські літери верхнього регістру

D – довжина одиниці рухомого складу (залізничного вагона чи автомобіля);

D_{IC} – середня довжина вагона «стандартизованого потяга» з однією віссю на вагон;

E_{cm} – січний модуль пружності бетону за звичайної ваги;

F_L – загальна реакція поздовжньої опори;

F_{Qk} – характеристичне значення поздовжньої сили з розрахунку на одну колію, що діє на нерухому опорну частину внаслідок деформування мостового настилу;

F_{Tk} – характеристичне значення поздовжньої сили, що діє на

нерухому опорну частину і виникає внаслідок комбінованої реакції колії та конструкції на дію, спричинену зміненням температури;

F_{li} – реакція окремої поздовжньої опори на i -ту дію;

K – загальна жорсткість поздовжньої опори;

L – довжина (у загальній ситуації);

L_T – збільшення за довжиною;

L_f – довжина підданої впливу навантаженої криволінійної ділянки колії;

L_i – довжина підданої впливу ділянки (конструкції);

L_Φ – «визначальна» довжина (пов'язана з дією параметра Φ);

M – кількість точок прикладання сили у моделі потяга;

N – кількість рівномірно повторюваних залізничних вагонів, транспортних засобів чи точок прикладання однакової сили (у моделі навантаги);

P – сила в окремій точці прикладання (окрема осьова навантага);

P_k – осьова навантага на k -ту вісь;

Q – зосереджена сила чи змінна дія (загальна);

Q_{A1d} – навантага в окремій точці прикладання, що спричиняє сходження з рейок;

Q_h – горизонтальна сила (загальна);

Q_k – характеристичне значення зосередженої сили чи змінної дії;

Q_{lak} – характеристичне значення сили тяги;

Q_{lbk} – характеристичне значення сили гальмування;

Q_r – рівнодійна сила, що узагальнює дії, спричинені залізничним рухом (у загальній ситуації, наприклад, як сума вертикальних і горизонтальних навантаг, охоплюючи вітрову та відцентрову сили);

Q_{sk} – характеристичне значення сили бічного тиску коліс;

Q_{tk} – характеристичне значення відцентрової сили;

Q_v – вертикальна навантага від однієї вісі;

Q_{vi} – колісна навантага;

Q_{vk} – характеристичне значення вертикальної навантаги (зосередженої навантаги);

ΔT_D – діапазон сталого (рівномірного) температурного компонента, що діє на настил моста;

ΔT_N – діапазон сталого (рівномірного) температурного компонента;

ΔT_R – діапазон сталого (рівномірного) температурного компонента, що діє на рейку;

V – швидкість у км/год; максимальна лінійна швидкість на ділянці в км/год;

Y – відстань по горизонталі, у метрах, між осьовою лінією колії та поверхнею (кочення)

Латинські літери нижнього регістру

a – відстань між опорами рейок, довжина (ділянки), на якій діють розподілені навантаги (моделі навантаги SW/0 та SW/2);

b – довжина (ділянки), уздовж якої навантага

розподіляється шпалою та баластом;

c – відстань між розподіленими навантагами (моделі навантаги SW/0 та SW/2);

d – рівномірний інтервал між групами осей; інтервал між точками прикладання сил у HSLM-B;

d_{BA} – відстань між осями коліс у межах одного візка;

d_{BS} – відстань між центрами сусідніх візків (одного вагона);

e – ексцентриситет вертикальних навантаг, ексцентриситет підсумкової дії (на базовій площині);

e_c – відстань між сусідніми осями вздовж зчеплення двох окремих секцій «стандартизованого потяга»;

i – кількість осей потяга певної підгрупи, аж до сумарної кількості осей;

f – понижувальний коефіцієнт для відцентрової сили; може означати також першу власну частоту коливань стінової системи, Гц;

f_{ck} – міцність на стиск бетону;

g – прискорення завдяки силі тяжіння;

h – висота (у загальній ситуації); може означати також висоту покриву, разом із баластом, від верху мостового полотна до верху шпали, а також висоту стінки, визначену над головою рейки, м;

h_g – відстань по вертикалі від поверхні кочення до нижньої частини конструкції над залізничною колією;

h_t – висота, на якій діє відцентрова сила над поверхнею кочення;

- k – пластичний опір зсуву вздовж залізничної колії, кН/м;
- k_1 – коефіцієнт аеродинамічної форми потяга;
- k_2 – коефіцієнт множення для врахування дій повітряного потоку на вертикальні поверхні конструкцій, розташовані паралельно до колій;
- k_3 – коефіцієнт множення для врахування дій повітряного потоку на прості горизонтальні поверхні конструкцій, розташовані поряд із колією;
- k_4 – коефіцієнт множення для врахування горизонтальних дій повітряного потоку на поверхні конструкцій, що охоплюють габарит залізничної колії;
- k_5 – коефіцієнт множення для врахування вертикальних дій повітряного потоку на поверхні конструкцій, що охоплюють габарит залізничної колії;
- n_0 – перша власна частота згинальних коливань конструкції;
- n_T – перша власна частота крутильних коливань конструкції;
- q_{1k} – характеристичне значення еквівалентної розподіленої аеродинамічної дії;
- q_{A1d}, q_{A2d} – розподілена навантага, що спричиняє сходження з рейок;
- q_{DS} – квазістатична навантага від повітряної хвилі тиску, спричиненої проїздом потяга на висоті z над рівнем головки рейки, з урахуванням довжини підданої впливу ділянки конструкції, висоти стінки й динамічних ефектів, у кН/м²;
- q_{lak} – характеристичне значення розподіленої сили тяги;

q_{lbk} – характеристичне значення розподіленої сили гальмування;

q_{tk} – характеристичне значення розподіленої відцентрової сили;

q_{v1}, q_{v2} – вертикальна навантага (рівномірно розподіленої навантаги);

q_{vk} – характеристичне значення вертикальної навантаги (рівномірно розподіленої навантаги);

r – горизонтальний радіус проїзної частини чи осьової лінії залізничної колії; поперечна відстань між точками прикладання колісної навантаги;

s – ширина залізничної колії;

s_{DS} – горизонтальна відстань між двома розташуваннями моделі навантаги, що імітують спричинену рухом потяга повітряну хвилю тиску, для оцінювання максимальних конструкційних реакцій, у м;

u – нахил, відносна вертикальна відстань між верхніми поверхнями двох рейок у певному місці вздовж колії;

v – максимальна номінальна швидкість, у м/с; максимальна допустима швидкість транспортного засобу, у м/с; швидкість, у м/с;

v_{DS} – максимальна розрахункова швидкість, у м/с;

v_i – резонансна швидкість, у м/с;

y_{dyn}, y_{stat} – максимальна динамічна характеристика й максимальна відповідна статична характеристика в будь-якій конкретній точці;

x_k – відстань між першою віссю та k -тою віссю;

z – висота над головою рейки, в м, за якої розраховують квазістатичну еквівалентну навантагу. Для значень висоти $z < 0$ приймають $z = 0$

Грецькі літери верхнього регістру

θ – кут повороту кінцевого перерізу конструкцій (у загальній ситуації);

Φ – коефіцієнт динамічного підсилення, що застосовують (Φ_2, Φ_3) до моделей навантаги 71, SW/0 та SW/2 для врахування динамічного підсилення дії, спричиненої залізничним рухом;

Φ_{nb} – коефіцієнт динамічного підсилення, що застосовують до шумових бар'єрів

Грецькі літери нижнього регістру

α – коефіцієнт класифікації навантаги;

α_v – коефіцієнт швидкості (додаток С);

δ – деформація (у загальній ситуації); може означати також вертикальний прогин;

δ_0 – прогин у середині прогону внаслідок постійних дій;

δ_B – відносне поздовжнє переміщення кінцевої частини мостового настилу внаслідок сил тяги та гальмування;

δ_H – відносне поздовжнє переміщення кінцевої частини мостового настилу внаслідок деформації;

δ_h – горизонтальне переміщення; горизонтальне переміщення внаслідок поздовжнього переміщення фундаментів нижньої частини конструкції;

δ_p – горизонтальне переміщення внаслідок поздовжньої деформації нижньої частини конструкції;

δ_v – відносне вертикальне переміщення кінцевої частини мостового настилу;

δ_φ – горизонтальне переміщення внаслідок поздовжнього повороту фундаменту;

γ_{Ff} – частковий коефіцієнт надійності для оцінювання втомлювального навантаження;

γ_{Mf} – частковий коефіцієнт надійності оцінювання втомної міцності;

$\varphi, \varphi', \varphi''$ – коефіцієнти динамічного посилення статичної навантаги від «звичайних потягів»;

φ_{dyn} – коефіцієнт динамічного посилення для врахування динамічних ефектів;

φ'_{dyn} – коефіцієнт динамічного посилення статичної навантаги від «звичайного потяга», який визначають динамічним розрахунком;

φ_L, φ_H – коефіцієнт динамічної довжини та коефіцієнт динамічної висоти для моделювання впливів на шумові бар'єри;

κ – коефіцієнт, що характеризує жорсткість берегової опори відносно жорсткості проміжних опор;

κ_t – співвідношення між власною частотою коливань та частотою прикладених коливань;

λ – коефіцієнт еквівалентного втомного пошкодження; довжина хвилі збурення;

ρ – густина;

σ – напруження;

$\sigma_A, \sigma_B, \sigma_M$ – тиск на зовнішню поверхню мостового полотна внаслідок дій від залізничного транспорту;

$\Delta\sigma_{71}$ – діапазон напружень, що виникає в конструкції внаслідок дії моделі навантаги 71 (та, за потреби, SW/0);

$\Delta\sigma_c$ – базове значення втомної міцності;

ζ – нижня межа коефіцієнта критичного демпфування; параметр може бути визначено у відсотках (%) або як безрозмірна величина (відносне значення).

4 КЛАСИФІКАЦІЯ ДІЙ

4.1 Загальні положення

(1) Відповідні дії, спричинені рухом транспорту, та інші специфічні дії на мости класифікують згідно з 6.1.1 EN 1990:2023.

Примітка 1. Спричинені рухом транспорту дії на автодорожні, пішохідні та залізничні мости охоплюють змінні дії та дії аварійних розрахункових ситуацій, які подають за допомогою різних моделей.

Примітка 2. Спричинені рухом транспорту дії є багатокomпонентними діями.

(2) Усі спричинені рухом транспорту дії класифікують як вільні дії, граничні значення для яких визначено в розділах 6–8.

4.2 Змінні дії

(1) За звичайних умов використання (тобто за винятком будь-яких аварійних ситуацій) рухомі навантаги (охоплюючи динамічне посилення, якщо застосовно) розглядають як змінні дії та враховують їхні репрезентативні значення.

Примітка 1. Репрезентативні значення змінної дії визначають згідно з EN 1990 як:

- характеристичні значення;
- часто повторювані значення;
- квазіпостійні значення.

Примітка 2. У таблиці 4.1 (NDP) подано інформацію, що ґрунтується на принципах калібрування (оцінювання застосовності) основних моделей навантаги (без урахування втоми), застосовуваних згідно з цим стандартом до автодорожніх, пішохідних і залізничних мостів, з використанням характеристичних, часто повторюваних і квазіпостійних значень. Навантаження внаслідок залізничного руху та пов'язані з цим коефіцієнти γ та ψ ґрунтуються на номінальних значеннях.

Примітка 3. Для оцінювання втомної довговічності окремі моделі, їхні відповідні значення і (якщо застосовно) конкретні вимоги подано в 6.6 для автодорожніх мостів, у 8.9 – для залізничних мостів, див. також відповідні додатки.

Таблиця 4.1 (NDP) – Базові принципи оцінювання застосовності поданих у цьому стандарті основних моделей навантаги (без урахування втоми)

Моделі рухомої навантаги	Характеристичні значення	Часто повторювані значення	Квазіпостійні значення
Рух автомобільного транспорту			
LM1 (6.3.2)	Період повторюваності становить 1000 років (чи ймовірність перевищення 5 % за 50 років) для дорожнього руху на автомагістралях Європи (коефіцієнти α дорівнюють 1, див. 6.3.2)	Період повторюваності становить 1 тиждень для дорожнього руху на автомагістралях Європи (коефіцієнти α дорівнюють 1, див. 6.3.2)	Нормативне застосування відповідно до визначення, поданого в EN 1990
LM2 (6.3.3)	Період повторюваності становить 1000 років (чи ймовірність перевищення 5 % за 50 років) для дорожнього руху на автомагістралях Європи (коефіцієнт β дорівнює 1, див. 6.3.3)	Період повторюваності становить 1 тиждень для дорожнього руху на автомагістралях Європи (коефіцієнт β дорівнює 1, див. 6.3.3)	а

Продовження таблиці 4.1 (NDP)

Моделі рухомої навантаги	Характеристичні значення	Часто повторювані значення	Квазіпостійні значення
LM3 (6.3.4)	Набір номінальних значень. Базові значення, вказані в додатку А, отримано з узагальнення на основі нормативних актів різних країн	a	a
LM4 (6.3.5)	Номінальне значення, яке за припущенням відповідає ефектам, спричиненим натовпом. Його визначають із посиланням на чинні національні стандарти	a	a
Рух пішоходів			
Рівномірно розподілен а навантага (7.3.2)	Номінальне значення, яке за припущенням відповідає ефектам, спричиненим натовпом. Його визначають із посиланням на чинні національні стандарти	Еквівалентна статична сила, значення якої застосовують, ґрунтуючись на дії від 2 пішоходів/м ² (за відсутності особливої динамічної поведінки). Для пішохідних мостів у міських районах її може бути розглянуто як навантагу з періодом повторюваності 1 тиждень	Нормативне застосування відповідно до визначення, поданого в EN 1990

Продовження таблиці 4.1 (NDP)

Моделі рухомої навантаги	Характеристичні значення	Часто повторювані значення	Квазіпостійні значення
Зосереджен а навантага (7.3.3)	Номінальне значення, яке визначають із посиланням на чинні національні стандарти	a	a
Транспортни й засіб для технічного обслуговування (7.3.4)	Номінальне значення. Як зазначено чи подано в 7.6.3	a	a
Рух залізничного транспорту			
LM71 (8.3.2)	Номінальні значення, що за припущенням відповідають статичному ефекту від вертикальної навантаги внаслідок звичайного залізничного руху	a	a
SW/0 та SW/2 (8.3.3)	Номінальні значення, що за припущенням відповідають статичному ефекту від вертикальної спричиненої звичайним залізничним рухом навантаги на нерозрізні конструкційні елементи й настили (SW/0), а також спричиненої важким рухомим складом залізничного транспорту (SW/2)	a	a

Кінець таблиці 4.1 (NDP)

Моделі рухомої навантаги	Характеристичні значення	Часто повторювані значення	Квазіпостійні значення
HSLM (8.4.6.1.1)	Номінальні значення, отримані як діапазон ефектів динамічної резонансної навантаги від обраних швидкісних потягів	a	a
a Щодо коригування значень відповідно до конкретного періоду повторюваності див. A.2 EN 1990:2023			

4.3 Аварійні дії

(1) Якщо не передбачено відповідної системи захисту, то виконуючи проектування конструкції, потрібно врахувати дії, спричинені зіткненням або випадковим наїздом чи розташуванням у непередбаченому місці дорожніх транспортних засобів і потягів.

Примітка. Визначення поняття «відповідна система захисту» може бути подано у Національному додатку.

(2) Для загальних ситуацій застосовують аварійні дії, визначені в цьому стандарті.

Примітка 1. Їх моделюють, використовуючи різні моделі навантаги із розрахунковими значеннями у вигляді статичних еквівалентних навантаг.

Примітка 2. Стосовно сил, що виникають внаслідок зіткнення транспортних засобів із нижніми конструкціями автодорожніх, пішохідних і залізничних мостів, див. 6.7.2, 7.6.2 та 8.7.3.

Примітка 3. Стосовно дій, спричинених транспортними засобами на автодорожніх і пішохідних мостах, див. 6.7.3 та 7.6.3 відповідно.

Примітка 4. Стосовно дій, спричинених сходженням із рейок, див. 8.7.

(3) Якщо доцільно, для автодорожніх, пішохідних та залізничних мостів (наприклад, споруджених над каналами й судноплавними

шляхами) визначають сили зіткнення, спричинені човнами, суднами чи літаками.

Примітка 1. Значення ударних впливів човнів і суден подано в EN 1991-1-7.

Примітка 2. Для конкретного проєкту може бути встановлено додаткові вимоги.

5 РОЗРАХУНКОВІ СИТУАЦІЇ

5.1 Загальні положення

(1) Потрібно обрати застосовні розрахункові ситуації та визначити критичні сполучення навантаг.

(2) Для кожного критичного сполучення навантаг має бути визначено розрахункові значення ефектів дій у комбінації.

5.2 Одночасність рухомих навантаг

(1) Використовуючи групи навантаг у проєктних розрахунках, якщо застосовно, розглядають одночасну дію різних рухомих навантаг як елементів комбінації загальної дії.

Примітка. Щодо комбінацій дій, спричинених рухом транспорту, див. розділи 6, 7 та 8.

(2) Залежно від розрахунку, який має бути виконано, потрібно застосовувати правила комбінування згідно з EN 1990.

Примітка. Застосовні комбінації сейсмічних дій та відповідні правила для мостів див. у EN 1998-2.

(3) Конкретні правила одночасного врахування інших дій для автодорожніх, пішохідних і залізничних мостів подано в A.2 EN 1990:2023.

(4) Для мостів, призначених як для автомобільного, так і для залізничного руху, визначають одночасні дії та потребу їхнього розрахункового перевіряння.

Примітка. Конкретні правила може бути встановлено в Національному додатку.

6 дії, СПРИЧИНЕНІ ДОРОЖНІМ РУХОМ, ТА ІНШІ дії, СПЕЦИФІЧНІ ДЛЯ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ

6.1 Сфера застосовних значень

(1) Моделі навантаги, визначені в розділі 6, використовують для проєктування автодорожніх мостів за довжини навантаженої ділянки менше 200 м.

Примітка 1. Значення 200 м відповідає максимальній довжині, що розглядають, визначаючи застосовність моделі навантаги 1 (див. 6.3.2). У загальній ситуації, використання моделі навантаги 1 забезпечує надійність за довжини навантаженої ділянки понад 200 м.

Примітка 2. Моделі навантаги із застосуванням довжини навантаженої ділянки понад 200 м може бути визначено в Національному додатку.

(2) Моделі навантаги та відповідні їм правила, подані в цьому пункті, охоплюють усі зазвичай передбачувані ситуації дорожнього руху (тобто пов'язані з дорожнім рухом умови в будь-якому напрямку на будь-якій смузі руху), які має бути враховано під час проєктування.

Примітка 1. Конкретні моделі навантаги може бути визначено в Національному додатку.

Примітка 2. Моделі навантаги для геотехнічних конструкцій визначено в 6.9.

(3) Моделі навантаги та відповідні їм правила, подані в цьому пункті, не охоплюють ефекти навантаг на майданчиках дорожнього будівництва чи таких, що спеціально прикладають під час обстеження технічного стану та для цілей випробування; їх, якщо доцільно, окремо

визначає компетентний орган влади або, якщо він їх не визначив, їх узгоджують для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

(4) Моделі навантаги й відповідні правила, подані в цьому пункті, охоплюють ефект динамічного посилення (без урахування втоми).

Примітка. Динамічне посилення, передбачене в моделях навантаги, було визначено за умов дорожнього покриття середньої якості (див. додаток В) та пневматичної системи підвісок транспортних засобів. Однак воно залежить від різних параметрів та від розглядуваного ефекту дії. Тому його значення не можна подати як уніфікований коефіцієнт. У деяких ситуаціях за несприятливих умов його значення може досягати 1,7 (місцеві ефекти), а ще більш несприятливих значень може бути отримано за гіршої якості дорожнього покриття чи виникнення ризику резонансу. Цих ситуацій можливо уникнути за умов забезпечення якості та вживання відповідних проєктних заходів.

(5) Додаткове динамічне посилення враховують у конкретних обчисленнях (див. 6.3.3(2) та 6.6.2(2)) або якщо це узгоджено для конкретного проєкту відповідними сторонами-учасниками.

Примітка. Це може бути особливо актуально у разі локального перевіряння елементів мостового настилу, опорних частин та опор, розташованих під деформаційними швами.

6.2 Подання дій

6.2.1 Моделі рухомих навантаг, спричинених дорожнім рухом

(1) Враховують, якщо застосовно, навантаги, спричинені дорожнім рухом легкових автомобілів, вантажних автомобілів і спеціальних транспортних засобів (наприклад, рухомого складу промислових підприємств).

Примітка 1. Ці навантаги призводять до виникнення вертикальних і горизонтальних, статичних і динамічних сил, які визначено в розділі 6.

Примітка 2. У Національному додатку може бути визначено інші моделі навантаг із відповідними правилами комбінування, якщо має бути враховано рух транспорту, не охоплений у зазначених у цьому розділі моделях навантаг.

(2) Якщо потрібно врахувати транспортні засоби (охоплюючи військові чи інші спеціальні транспортні засоби), які не відповідають загальним нормам і правилами, їх має бути визначено.

Примітка. Ці моделі для спеціальних транспортних засобів, що не відповідають загальним національним нормам і правилам, може бути зазначено у Національному додатку. Рекомендації щодо стандартних моделей для спеціальних транспортних засобів та їхнього застосування викладено в додатку А. Див. 6.3.4.

6.2.2 Класи за навантаженням

(1) Потрібно розрахувати фактичні навантаги на автодорожні мости, що виникають від транспортних засобів різних категорій та від пішоходів.

(2) Розрізняють такі умови, пов'язані з мостами:

- рухомий склад, задіяний у дорожньому русі (наприклад, відсоток вантажних автомобілів);
- щільність транспортного потоку (наприклад, середня кількість транспортних засобів на рік);
- дорожні умови (наприклад, частота заторів);
- імовірність проїзду екстремально важких транспортних засобів та їхні осьові навантаги, а також, якщо доцільно,
- вплив дорожніх знаків, якими обмежують вантажопідйомність.

Використовуючи моделі навантаги, враховують відповідні умови у місці розташування моста та, якщо застосовно, обирають поправкові коефіцієнти α та β , визначені у 6.3.2 для моделі навантаги 1 та у 6.3.3 для моделі навантаги 2.

6.2.3 Поділ проїзної частини на умовні смуги руху

(1) Ширину проїзної частини, w , приймають як найменше з виміряних значень відстані:

- між бордюрами (у місці, де вони мають достатню висоту);
- між внутрішніми межами стаціонарної обмежувальної системи для транспортних засобів;
- між пішохідними парапетами.

Потрібно, щоб ширина w не охоплювала ні відстань між стаціонарними обмежувальними системами для транспортних засобів чи бордюрами розділової смуги, ні ширину цих обмежувальних систем для транспортних засобів.

Примітка. Мінімальне значення висоти бордюрів, яке має бути враховано, становить 100 мм, якщо в Національному додатку не вказано іншого значення.

(2) Якщо висота бордюру перевищує мінімальне значення, його враховують для визначення ширини проїзної частини w .

(3) Ширину w_1 умовних смуг руху на проїзній частині та найбільше можливе ціле число n_1 таких смуг руху на ній беруть із таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Кількість і ширина умовних смуг руху

Ширина проїзної частини, w	Кількість умовних смуг руху	Ширина умовної смуги руху, w_1	Ширина залишкової площі
$w < 5,4$ м	$n_1 = 1$	3 м	$w - 3$ м
$5,4 \text{ м} \leq w < 6$ м	$n_1 = 2$	$\frac{w}{2}$	0
$6 \text{ м} \leq w$	$n_1 = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right)$	3 м	$w - 3 \times n_1$
Примітка. Наприклад, за ширини проїзної частини, що дорівнює 11 м, $n_1 = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right) = 3$, а ширина залишкової площі становить $11 - 3 \times 3 = 2$ м.			

(4) Якщо проїзну частину мостового полотна фізично поділено на дві частини, відокремлені одна від одної розділовою смугою, то:

а) у разі розмежування частин стаціонарною дорожньою обмежувальною системою кожную частину (разом з усіма твердими узбіччями чи смугами безпеки) окремо поділяють на умовні смуги руху;

б) у разі розмежування частин тимчасовою дорожньою обмежувальною системою всю проїзну частину (разом із розділовою смугою) поділяють на умовні смуги руху.

(5) Правила, викладені в 6.2.3(4), можуть узгодити для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники, щоб надати змогу в майбутньому змінювати смуги руху на мостовому полотні, наприклад, на період ремонтування.

6.2.4 Розташування та нумерація смуг руху для проєктування

(1) Під час кожного окремого перевіряння кількість смуг руху, які має бути враховано як навантажені, їхнє розташування на проїзній частині та їхню нумерацію обирають із таким розрахунком, щоб ефекти, застосовані у моделях навантаги, були якнайбільш несприятливим.

(2) Для моделей оцінювання втомної довговічності та репрезентативних значень обирають розташування і нумерацію смуг руху залежно від очікуваного руху транспорту за нормальних умов.

(3) Смуго руху, на якій виникає найнесприятливіший ефект, нумерують «Смуга руху № 1», смугу руху з другим за порядком найнесприятливішим ефектом – «Смуга руху № 2» тощо (див. рисунок 6.1).

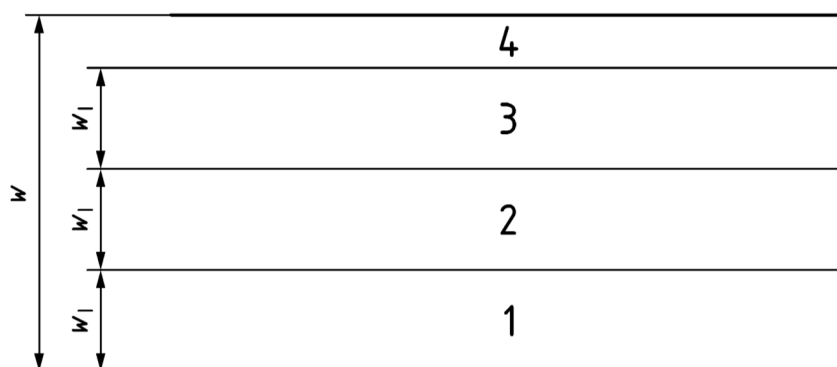


Рисунок 6.1 – Приклад нумерації смуг руху, переважно застосовної у загальній ситуації

Умовні позначки:

- w – ширина проїзної частини;
- w_1 – ширина умовної смуги руху;
- 1 – Умовна смуга руху № 1;
- 2 – Умовна смуга руху № 2;
- 3 – Умовна смуга руху № 3;
- 4 – залишкова площа

Рисунок 6.1 – аркуш 2

(4) Якщо проїзна частина складається з двох окремих частин на одному й тому самому мостовому полотні, то для всієї проїзної частини використовують лише одну систему нумерації.

(5) Якщо проїзна частина складається з двох окремих частин на двох конструктивно незалежних мостових полотнах, то кожную частину потрібно розглядати як проїзну частину. У такому разі для проєктування кожного мостового полотна використовують окрему систему нумерації.

(6) Якщо проїзна частина складається з двох окремих частин на двох конструктивно незалежних мостових полотнах, що обпираються на ті самі проміжні опори та/або берегові опори, то для проєктування проміжних та/або берегових опор використовують одну спільну систему нумерації щодо цих обох частин.

6.2.5 Застосування моделей навантаги на окремих смугах руху

(1) Виконуючи кожне окреме перевіряння, моделі навантаги потрібно застосовувати до кожної умовної смуги руху за такої довжини й такого розташування за довжиною, щоб отримати найнесприятливіший ефект, наскільки це сумісно з умовами застосування, визначеними нижче для кожної конкретної моделі.

(2) На залишковій площі застосовують відповідну модель навантаги за такої довжини й ширини, щоб отримати найнесприятливіший ефект, наскільки це сумісно з конкретними умовами, зазначеними в 6.3.

6.3 Вертикальні навантаги: характеристичні значення

6.3.1 Загальні положення

(1) За допомогою моделей вертикальної навантаги імітують такі спричинені дорожнім рухом ефекти:

а) Модель навантаги 1 (LM1): зосереджені та рівномірно розподілені навантаги, що охоплюють більшість ефектів унаслідок руху вантажних та легкових автомобілів. Цю модель використовують для загального та локального перевіряння.

б) Модель навантаги 2 (LM2): навантага від одної осі, прикладена до конкретних зон контактування з шиною, що охоплює динамічні ефекти для коротких конструкційних елементів за звичайних умов дорожнього руху.

Примітка. За діапазоном розмірності, LM2 може бути застосована переважно до навантажених ділянок завдовжки до 7 м.

с) Модель навантаги 3 (LM3): набір груп осьових навантаг, що імітує спеціальні транспортні засоби (наприклад, транспорт промислових підприємств), яким дозволено пересуватися маршрутами, де допустима наднормативна навантага. Цю модель використовують для загального й локального перевіряння.

д) Модель навантаги 4 (LM4): навантаження, спричинене натовпом; цю модель призначено лише для загального перевіряння.

6.3.2 Модель навантаги 1

(1) Модель навантаги 1 містить дві складові системи:

а) двовісні зосереджені навантаги (тандемна система; TS), кожна вісь має таку вагу:

$$\alpha_Q \times Q_k, \quad (6.1)$$

де

α_Q – поправковий коефіцієнт;

Q_k – характеристичне значення осьової навантаги;

б) рівномірно розподілені навантаги (система UDL), що спричиняють дію такої ваги на квадратний метр умовної смуги руху:

$$\alpha_q \times q_k, \quad (6.2)$$

де

α_q – поправкові коефіцієнти;

q_k – характеристичне значення рівномірно розподіленої навантаги.

(2) Модель навантаги 1 застосовують до кожної умовної смуги руху та до залишкових площ.

Примітка. На умовній смузі руху № i діапазони навантаги зазначають як $\alpha_{Qi} \times Q_{ik}$ та $\alpha_{qi} \times q_{ik}$ (див. таблицю 6.2). На залишкових площах діапазон навантаги зазначають як $\alpha_{qr} \times q_{rk}$.

(3) Характеристичні значення Q_{ik} та q_{ik} визначають із таблиці 6.2 (разом із динамічним посиленням) залежно від розташування на мосту.

Таблиця 6.2 – Модель навантаги 1: характеристичні значення

Розташування	Тандемна система, TS Осьові навантаги, Q_{ik} , кН	Система UDL q_{ik} (або q_{rk}), кН/м ²
Смуга руху № 1	300	9
Смуга руху № 2	200	2,5
Смуга руху № 3	100	2,5
Інші смуги руху	0	2,5
Залишкова площа, q_{rk}	0	2,5

(4) Значення поправкових коефіцієнтів α_{Qi} , α_{qi} та α_{qr} обирають залежно від очікуваних умов дорожнього руху та, можливо, від різних класів маршрутів. У будь-якій ситуації, для мостів, на яких немає дорожніх знаків, якими обмежено вагу транспортних засобів, приймають такі мінімальні значення поправкових коефіцієнтів:

$$\alpha_{Q1} \geq 0,8 \text{ та} \quad (6.3)$$

$$\text{за умови } i \geq 2, \alpha_{q1} \geq 1; \text{ це обмеження не стосується } \alpha_{qr}. \quad (6.4)$$

Примітка. За відсутності технічних вимог значення коефіцієнтів α_{Q1} , α_{qi} та α_{qr} приймають такі, що дорівнюють 1, якщо в Національному додатку не вказано інших значень. Значення поправкових коефіцієнтів, які дорівнюють 1, застосовують до важких транспортних засобів промислових підприємств на маршрутах міжнародних перевезень, що становить суттєву частину важких транспортних засобів загалом.

(5) Застосовуючи тандемну систему, дотримують таких правил:

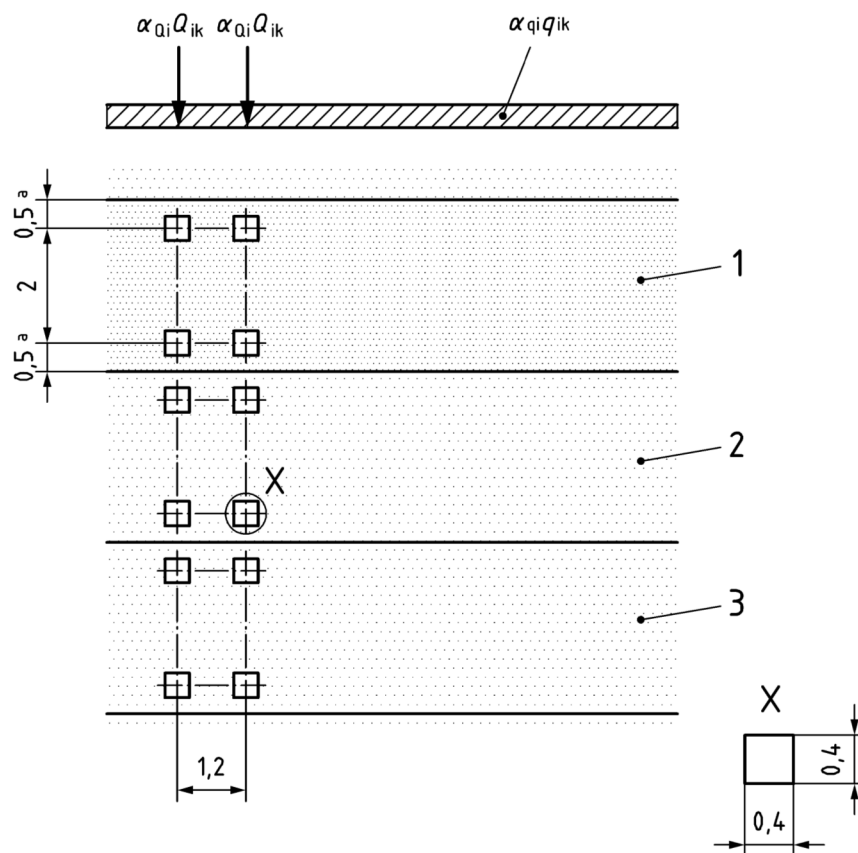
- враховують щонайбільше одну тандемну систему на одну умовну смугу руху;
- враховують лише повні тандемні системи;
- розглядають кожну вісь тандемної системи з двома однаковими колесами, відтак від кожного колеса враховують навантагу, яка дорівнює $0,5 \alpha_Q \times Q_k$;

– контактну поверхню кожного колеса приймають квадратну зі стороною 0,40 м (див. рисунок 6.2).

(6) Рівномірно розподілені навантаги q_k застосовують лише до підданих несприятливому впливу частин поверхні, у поздовжньому та поперечному напрямках.

(7) Застосування моделі навантаги 1 проілюстровано на рисунку 6.2.

Розміри в метрах



Умовні позначки:

1 – Смуга руху № 1: $Q_{1k} = 300$ кН; $q_{1k} = 9$ кН/м²;

2 – Смуга руху № 2: $Q_{2k} = 200$ кН; $q_{2k} = 2,5$ кН/м²;

3 – Смуга руху № 3: $Q_{3k} = 100$ кН; $q_{3k} = 2,5$ кН/м²;

Відстань між осями тандема = 1,2 м;

a – для $w_l = 3,00$ м

Рисунок 6.2 – Застосування моделі навантаги 1

(8) Для загального перевіряння приймають припущення, згідно з яким кожна тандемна система рухається уздовж осей по центру умовних смуг руху (див. рисунок 6.2).

(9) Для локального перевіряння тандемну систему потрібно застосовувати в найнесприятливішому місці. Якщо на суміжних умовних смугах руху враховують дві тандемні системи, їх розташовують ближче одну до одної, дотримуючи відстані між колісними осями щонайменше 0,50 м.

Примітка. В Національному додатку може бути встановлено альтернативні правила застосування тандемних систем для локального перевіряння.

6.3.3 Модель навантаги 2

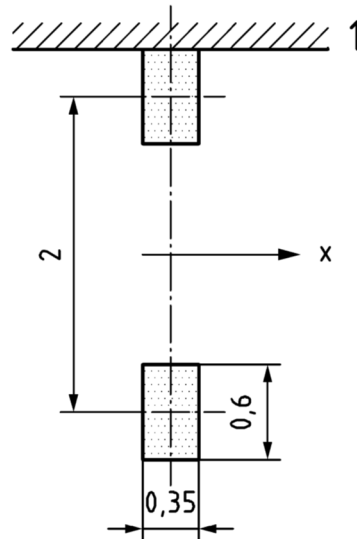
(1) Модель навантаги 2 застосовують із поданням одновісної навантаги $\beta_Q \times Q_{ak}$, де Q_{ak} дорівнює 400 кН (з урахуванням динамічного посилення). Однак, якщо доцільно, допустимо враховувати навантагу лише від одного колеса, що становить $200\beta_Q$, кН.

Примітка. Якщо в Національному додатку не вказано іншого, приймають значення β_Q , що дорівнює α_{Qi} .

(2) До зони навколо деформаційних швів застосовують додатковий коефіцієнт динамічності, який визначено в 6.6.2.

(3) Модель навантаги 2 має бути застосовано в будь-якому місці проїзної частини.

(4) Контактну поверхню кожного колеса розглядають як прямокутну зі сторонами 0,35 м та 0,60 м (див. рисунок 6.3).



Умовні позначки:

x – напрямок смуги руху на мосту;

1 – бордю

Рисунок 6.3 – Застосування моделі навантаги 2

Примітка 1. У моделях навантаги 1 та 2 площі контактування відрізняються залежно від моделей шин, схеми прикладання і розподілення тиску. Площі контактування у моделі навантаги 2, що відповідають здвоєним шинам, зазвичай є актуальними для ортотропних настилів мостів.

Примітка 2. У Національному додатку щодо моделей навантаги 1 та 2 для спрощення може бути встановлено однакову квадратну поверхню контактування коліс.

6.3.4 Модель навантаги 3 (спеціальні транспортні засоби)

(1) Якщо застосовно, визначають і враховують відповідні моделі навантаги від спеціальних транспортних засобів (модель навантаги 3).

Примітка. Визначення моделі навантаги 3 та умови її застосування може бути встановлено в Національному додатку. Додаток А містить рекомендації щодо стандартних моделей та умов їхнього застосування.

6.3.5 Модель навантаги 4 (навантаження від натовпу)

(1) Якщо застосовно, визначають і враховують навантаження від натовпу (модель навантаги 4) як рівномірно розподілену навантагу.

Примітка. Якщо в Національному додатку не вказано іншого, застосовують діапазон значень $LM4\ 5\ \text{кН/м}^2$ (з урахуванням динамічного посилення).

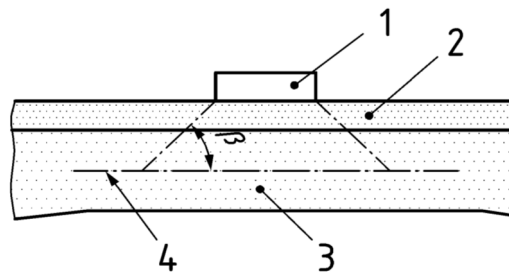
(2) Модель навантаги 4 застосовують на відповідних ділянках за довжиною і шириною полотна автодорожнього моста, охоплюючи центральну смугу, якщо доцільно.

Примітка. Систему навантаг $LM4$ призначено для загального перевіряння.

6.3.6 Розподіл зосереджених навантаг

(1) Якщо у моделях навантаги 1 та 2 застосовують різні зосереджені навантаги як місцеві розподілені навантаги, то їх розглядають як рівномірно розподілені по всій площі контактування.

(2) Розподілення по дорожньому покриттю та бетонних плитах настилу допустимо за співвідношення розподілу до глибини 1 по горизонталі й до позначки 1 по вертикалі, досягаючи рівня центра ваги бетонної плити мостового настилу (рисунок 6.4).



Умовні позначки:

- 1 – контактний тиск колеса;
- 2 – дорожній покриття;
- 3 – бетонна плита мостового настилу;
- 4 – центр ваги бетонної плити покриття;
- β – кут β , див. таблицю 6.3

Рисунок 6.4 – Розподілення зосереджених навантаг крізь дорожній покриття і плиту мостового настилу

Таблиця 6.3 – Кут розподілення β зосереджених навантаг для різних матеріалів

Дорожній покритв	45°
Дошки та дощаті настили	45°
Бетонні плити настилу	45°
Плити настилу з клеєної деревини: – у напрямку волокон	45°
– перпендикулярно до волокон	75°
Фанера та поперечно-ламіновані плити настилу	45°

(3) Розподілення по дорожньому покритву та ортотропним настилам допустимо за співвідношення розподілу до глибини 1 по горизонталі та до позначки 1 по вертикалі, досягаючи рівня серединної площини верхньої плити конструкції (рисунок 6.5).

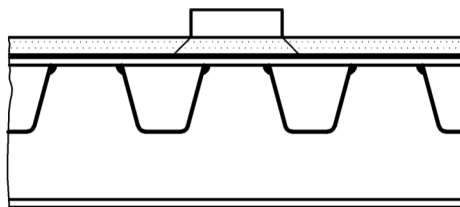


Рисунок 6.5 – Розподілення зосереджених навантаг крізь дорожній покритв та ортотропні настили

6.4 Горизонтальні сили: характеристичні значення

6.4.1 Сили гальмування та прискорення

(1) Силу гальмування, Q_{Lk} , потрібно визначити як поздовжню силу, що діє на рівні дорожнього покритву проїзної частини.

(2) Характеристичне значення сили гальмування, Q_{Lk} , обчислюють як частку від загальної максимальної вертикальної

навантаги за моделлю навантаги 1, що найімовірніше за все буде реалізована на смузі руху № 1 згідно з формулою (6.5):

$$Q_{Lk} = 0,6 \times \alpha_{Q1} (2 \times Q_{1k}) + 0,10 \alpha_{q1} q_{1k} w_1 L$$

$$180 \times \alpha_{Q1} [\text{кН}] \leq Q_{Lk} \leq 900 \text{ кН},$$
(6.5)

де L – довжина мостового полотна чи його частини, яку розглядають.

Примітка 1. Якщо в Національному додатку не зазначено іншого, верхнє граничне значення $Q_{Lk, \max}$ дорівнює 900 кН. У значенні $Q_{Lk, \max}$ зазвичай буває враховано максимальну силу гальмування військових транспортних засобів згідно зі угодою НАТО зі стандартизації STANAG.

Примітка 2. Наприклад, за ширини смуги руху $w_1 = 3$ м, довжини навантаженої ділянки $L > 1,2$ м та коефіцієнтів α , що дорівнюють одиниці, $Q_{Lk} = 360 + 2,7 \times L (\leq 900 \text{ кН})$.

(3) Сили прискорення потрібно враховувати у такому самому діапазоні, як і сили гальмування, але в протилежному напрямку.

(4) Якщо доцільно, визначають дії горизонтальних сил за моделлю навантаги 3.

Примітка. У Національному додатку може бути визначено горизонтальні сили, пов'язані, крім LM1, ще й з іншими моделями навантаги.

(5) Цю силу розглядають як таку, що діє вздовж осі будь-якої можливої смуги руху. Однак, якщо ефекти ексцентриситету не є суттєвими, цю силу допустимо вважати прикладеною лише вздовж осі проїзної частини та рівномірно розподіленою по всій довжині навантаженої ділянки.

(6) Горизонтальну силу Q_{Lk} , передану через деформаційні шви чи прикладену до конструкційних елементів, які можуть сприймати навантаження лише від однієї осі, потрібно визначати за формулою (6.6):

$$Q_{Lk} = 0,6 \alpha_{Q1} Q_{1k}$$
(6.6)

6.4.2 Відцентрові та інші поперечні сили

(1) Відцентрову силу, Q_{tk} , потрібно визначати як поперечну силу, що діє на рівні поверхневого шару проїзної частини і спрямована радіально відносно осі проїзної частини.

(2) Характеристичне значення відцентрової сили Q_{tk} беруть із таблиці 6.4 (з урахуванням ефектів динамічності).

Таблиця 6.4 – Характеристичні значення відцентрових сил

$Q_{tk} = 0,2 Q_v$ (кН)	якщо $r < 200$ м
$Q_{tk} = 40 Q_v / r$ (кН)	якщо $200 \leq r \leq 1\,500$ м
$Q_{tk} = 0$	якщо $r > 1\,500$ м
де r – горизонтальний радіус осьової лінії проїзної частини, м; Q_v – загальна вертикальна навантага від тандемних систем LM1.	

(3) За припущенням, Q_{tk} діє як навантага у певній точці прикладання до будь-якого поперечного перерізу мостового полотна.

(4) Якщо доцільно, має бути враховано бічні сили, спричинені перекосом під час гальмування чи заносом транспортного засобу.

(5) Якщо враховують бічні сили внаслідок перекосу під час гальмування чи заносу, то поперечну силу гальмування, Q_{trk} , що становить 25 % від поздовжньої сили гальмування чи прискорення, Q_{1k} , розглядають як таку, що діє одночасно з Q_{1k} на рівні поверхневого шару проїзної частини.

Примітка. Мінімальне поперечне навантаження може бути визначено в Національному додатку. У більшості ситуацій достатньо врахувати поперечне навантаження внаслідок дії сил, спричинених вітром і зіткненням із бордюрами.

6.5 Групи рухомих навантаг на автодорожні мости (багатокомпонентні дії)

6.5.1 Характеристичні значення в усталених розрахункових ситуаціях

(1) Одночасні дії систем навантаження, визначених у 6.3 та 6.4, із навантагами, визначеними в розділі 7 для пішохідних доріжок, враховують, розглядаючи групи рухомих навантаг, зазначені у таблиці 6.5 (NDP), причому у кожній групі визначають характеристичне значення простої змінної дії для комбінування із непов'язаними з дорожнім рухом навантагами.

Примітка. Групи навантаг, зазначені в таблиці 6.5 (NDP), є взаємовиключними.

Таблиця 6.5 (NDR) – Оцінювання груп рухомих навантаг (характеристичні значення багатокомпонентної дії в усталених розрахункових ситуаціях)

Проїзна частина							Пішохідні та велосипедні доріжки
Тип навантаги	Вертикальні сили				Горизонтальні сили		Лише вертикальні сили
Пункти цього стандарту	6.3.2	6.3.3	6.3.4	6.3.5	6.4.1	6.4.2	7.3.2 (1)
Система навантаги	LM1 (системи TS та UDL)	LM2 (одновісна навантага)	LM3 (спеціальні транспортні засоби)	LM4 (навантаження від натовпу)	Сили гальмування і прискорення ^a	Відцентрові та поперечні сили ^a	Рівномірно розподілена навантага
Групи навантаг	gr1a	Характеристичні значення					Комбнаційне значення ^b
	gr1b		Характеристичне значення				
	gr2	Часто повторювані значення			Характеристичне значення	Характеристичне значення	
	gr3 ^d						Характеристичне значення ^c

Кінець таблиці 6.5 (NDR)

Проїзна частина								Пішохідні та велосипедні доріжки
Тип навантаги		Вертикальні сили				Горизонтальні сили		Лише вертикальні сили
Пункти цього стандарту		6.3.2	6.3.3	6.3.4	6.3.5	6.4.1	6.4.2	
Система навантаги		LM1 (системи TS та UDL)	LM2 (одновісна навантага)	LM3 (спеціальні транспортні засоби)	LM4 (навантаження від натовпу)	Сили гальмування і прискорення ^a	Відцентрові та поперечні сили ^a	Рівномірно розподілена навантага
Групи навантаг	gr4							Характеристичне значення
	gr5	Див. додаток A		Характеристичне значення				
Домінантна компонентна дія (позначають як пов'язаний із групою компонент)								
^a Їх може бути визначено в Національному додатку (для зазначених ситуацій).								
^b Це значення дорівнює 3 кН/м ² , якщо в Національному додатку не вказано іншого.								
^c Див. 7.3.2. Навантаженою вважають лише одну пішохідну доріжку, якщо ефект є несприятливішим, ніж ефект від двох навантажених пішохідних доріжок.								
^d Цю групу не застосовують, якщо розглядають gr4.								

6.5.2 Інші репрезентативні значення

(1) Часто повторювану дію подають лише часто повторюваним значенням моделі навантаги LM1 чи LM2, або часто повторюваними значеннями навантаг на пішохідні чи велосипедні доріжки (обираючи з них найнесприятливіший варіант) без будь-якої супутньої компонентної дії, як зазначено в таблиці 6.6.

Примітка 1. Репрезентативні значення окремих компонентних дій, спричинених рухом транспорту, визначено в А.2 EN 1990:2023.

Примітка 2. Щодо перехідних розрахункових ситуацій див. 6.5.3.

Таблиця 6.6 – Оцінювання груп рухомих навантаг (часто повторювані значення багатокomпонентної дії в усталених розрахункових ситуаціях)

		Проїзна частина		Пішохідні та велосипедні доріжки
Тип навантаги		Вертикальні сили		
Пункти цього стандарту		6.3.2	6.3.3	7.3.2
Система навантаги		LM1 (системи TS та UDL)	LM2 (одновісна навантага)	Рівномірно розподілена навантага
Групи навантаг	gr1a	Часто повторювані значення		
	gr1b		Часто повторювані значення її	
	gr3			Часто повторювані значення ^a
^a Навантаженою вважають лише одну пішохідну доріжку, якщо спричинений цим ефект є несприятливішим, ніж ефект від двох завантажених пішохідних доріжок				

(2) Квазіпостійні значення визначають згідно з А.2 EN 1990:2023.

Примітка. Квазіпостійні значення зазвичай дорівнюють нулю.

6.5.3 Групи навантаг у перехідних розрахункових ситуаціях

(1) У перехідних розрахункових ситуаціях характеристичні значення вертикальних навантаг, спричинених тандемною системою, в LM1 допустимо зменшувати до $0,8 \alpha_{Qi} \times Q_{ik}$. Інші навантаги, охоплюючи горизонтальні навантаги, не зменшують.

Примітка. У Національному додатку може бути визначено альтернативні характеристичні значення, пов'язані з тандемною системою чи іншими моделями навантаги, наприклад, пов'язані з LM 3 (спеціальні транспортні засоби).

6.6 Моделі втомлювальної навантаги

6.6.1 Загальні положення

(1) Рух транспорту по мостах створює діапазон напружень, що може спричинити втомне руйнування. Діапазон напружень залежить від геометричних характеристик транспортних засобів, осьових навантаг, відстані між транспортними засобами, складу транспортного потоку та його динамічних ефектів.

(2) Нижче подано п'ять моделей втомлювальної навантаги внаслідок дії вертикальних сил, які визначено в 6.6.5–6.6.9.

Примітка 1. За умовами окремого проекту може бути так, що горизонтальні сили доведеться враховувати одночасно з вертикальними силами: наприклад, відцентрові сили іноді буває потрібно враховувати разом із вертикальними навантагами.

а) Моделі втомлювальної навантаги 1, 2 та 3 застосовують для визначення максимальних і мінімальних напружень, спричинених можливими схемами прикладання навантаги до моста у будь-якій з цих моделей; у більшості ситуацій, описаних у стандартах EN 1992 – EN 1999, застосовано лише алгебраїчну різницю між цими напруженнями.

b) Моделі втомлювальної навантаги 4 та 5 застосовують для визначення діапазонів напружень, спричинених проїздом вантажних автомобілів по мосту.

с) Моделі втомлювальної навантаги 1 та 2 застосовують для оцінювання того, чи можна вважати ресурс довговічності необмеженим за умови, що задано граничне значення амплітуди втомних напружень. Відтак, вони застосовні до сталевих конструкцій, але можуть бути непридатними щодо інших матеріалів. Модель втомлювальної навантаги 1 у загальній ситуації призводить до переоцінювання, автоматично охоплюючи ефекти від кількох смуг руху. Модель втомлювальної навантаги 2 є точнішою, ніж модель втомлювальної навантаги 1 за умови, що одночасну наявність кількох вантажних автомобілів на мосту можна не враховувати під час перевіряння втомної довговічності. В іншому разі, її використовують лише за введення до розрахунку додаткових даних.

Примітка 2. У Національному додатку може встановлено умови використання моделей втомлювальної навантаги 1 та 2.

d) Моделі втомлювальної навантаги 3, 4 та 5 призначені для оцінювання втомної довговічності способом установлення взаємозв'язку з кривими втомної міцності, визначеними в стандартах EN 1992–EN 1999. Їх не застосовують для перевіряння того, чи можна вважати необмеженим ресурс довговічності. З цієї причини вони чисельно не порівнянні з моделями втомлювальної навантаги 1 та 2. Модель втомлювальної навантаги 3 також може бути використано для безпосереднього перевіряння конструкцій спрощеними методами, за яких вплив річного обсягу руху транспорту та деяких розмірів моста враховують за допомогою поправкового коефіцієнта, що залежить від матеріалу, λ_e .

е) Модель втомлювальної навантаги 4 є точнішою за модель втомлювальної навантаги 3 для різних типів мостів і транспортного руху за умови, що одночасну наявність кількох вантажних автомобілів на мосту можна не враховувати. В іншому разі, її використовують лише за введення до розрахунку додаткових даних, визначених у Національному додатку.

ф) Модель втомлювальної навантаги 5 є найбільш узагальненою, у якій використовують фактично зареєстровані дані дорожнього руху.

Примітка 3. Значення навантаги, подані для моделей втомлювальної навантаги 1–3, відповідають типовому рухомому складу транспортних засобів на автомагістралях Європи (категорія руху № 1 у таблиці 6.7 (NDP)).

Примітка 4. У Національному додатку для моделей втомлювальної навантаги 1 та 2 може бути наведено інші значення для врахування інших категорій руху. У цьому разі модифікації, що вносять до обох моделей, мають бути пропорційними. Для моделі втомлювальної навантаги 3 модифікація залежить від процедури перевіряння.

6.6.2 Коефіцієнт динамічності

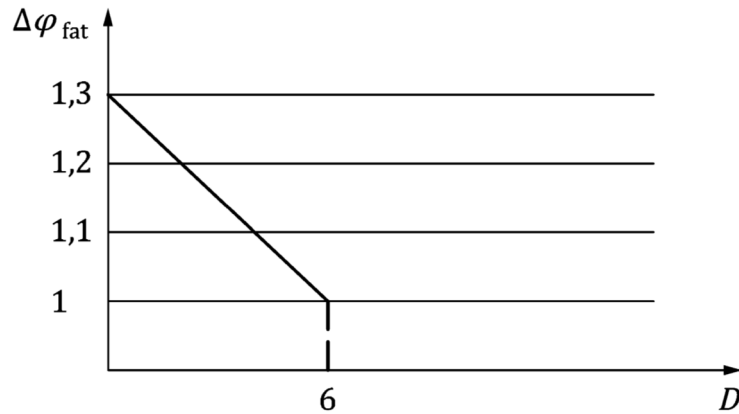
(1) Моделі втомлювальної навантаги 1–4 передбачають урахування динамічного посилення навантаги, що відповідає дорожнім покриттям хорошої якості (див. додаток В).

(2) Додатковий коефіцієнт динамічності $\Delta\varphi_{fat}$, що визначають за формулою (6.7), ураховують у зоні навколо деформаційних швів та застосовують до всіх навантаг:

$$\Delta\varphi_{fat} = 1,0 + 0,3 \left(1 - \frac{D}{6}\right); \Delta\varphi_{fat} \geq 1, \quad (6.7)$$

де

D – відстань (м) від розглядуваного поперечного перерізу до деформаційного шва; див. рисунок 6.6.



Умовні позначки:

$\Delta\varphi_{fat}$ – додатковий коефіцієнт динамічності;

D – відстань від розглядуваного поперечного перерізу до деформаційного шва (м).

Рисунок 6.6 – Подання додаткового коефіцієнта динамічності

Примітка. Додатковий коефіцієнт динамічності $\Delta\varphi_{fat}$ може бути встановлено в Національному додатку.

6.6.3 Розташування моделей втомлювальної навантаги для оцінювання загальних і місцевих ефектів

(1) Для оцінювання загальних ефектів дій (наприклад, у головних балках) усі моделі втомлювальної навантаги розташовують по центру на умовних смугах руху, визначених згідно з принципами й правилами, викладеними в 6.2.4(1) та (2). Смуги повільного руху (тобто смуги руху, використовувані переважно вантажними автомобілями) зазначають у проєкті.

(2) Для оцінювання місцевих ефектів дій (наприклад, у плитах) моделі розташовують по центру на умовних смугах руху, які, за припущенням, можуть бути в будь-якому місці на проїзній частині. Однак, якщо у моделях втомлювальної навантаги 3, 4 та 5 поперечне розташування транспортних засобів суттєво обумовлює виникнення досліджуваних ефектів (наприклад, щодо ортотропних настилів), ураховують статистичний розподіл цього поперечного розташування згідно з рисунком 6.7.

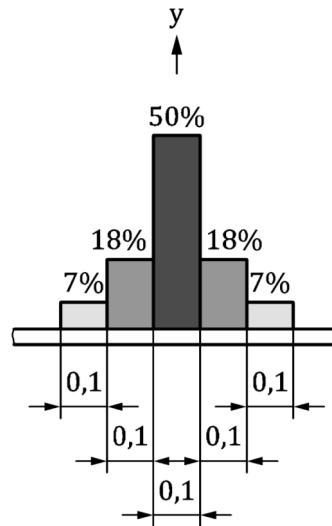


Рисунок 6.7 – Частотність розподілу поперечного розташування осьової лінії транспортного засобу

3) Якщо ймовірність розташування рухомої навантаги в найнесприятливішому місці значно менша за 100 %, то спектр ефектів дій, спричинених цією рухомою навантагою, можна отримати, розглянувши менш несприятливі (однак реально можливі) місця розташування, які визначив компетентний орган влади або, якщо він їх не визначив, їх мають узгодити для конкретного проекту відповідні сторони-учасники.

6.6.4 Категорія транспортного руху на мосту

(1) Для перевіряння відповідності умовам щодо втомної довговічності визначають категорію транспортного руху на мосту, враховуючи щонайменше:

- кількість смуг повільного руху (тобто смуг руху, застосовних переважно вантажними автомобілями);

- кількість важких транспортних засобів, N_{obs} (максимальну масу бруто транспортного засобу понад 100 кН) згідно з фактично зафіксованими даними чи за оцінюванням із розрахунку на рік щодо кожної смуги повільного руху.

Примітка. Категорії дорожнього руху може бути визначено в Національному додатку.

(2) Орієнтовні значення N_{obs} щодо смуги повільного руху для застосування моделей втомлювальної навантаги 3 та 4 подано в таблиці 6.7 (NDP). На кожній смузі швидкісного руху (тобто, застосовуваний переважно легковими автомобілями) додатково враховують 10 % від N_{obs} .

Примітка 1. Значення N_{obs} може бути визначено в Національному додатку.

Таблиця 6.7 (NDP) – Орієнтовна кількість важких транспортних засобів, очікувана з розрахунку на рік на кожній смузі повільного руху, для застосування моделей втомлювальної навантаги 3 та 4

Категорії дорожнього руху		N_{obs} на рік та на смугу повільного руху
1	Автомобільні дороги й автомагістралі з 2 чи більше смугами руху в кожному напрямку з потоком вантажних автомобілів високої інтенсивності	$2,0 \times 10^6$
2	Автомобільні дороги й автомагістралі з потоком вантажних автомобілів середньої інтенсивності	$0,5 \times 10^6$
3	Головні дороги з потоком вантажних автомобілів низької інтенсивності	$0,125 \times 10^6$
4	Дороги місцевого значення з потоком вантажних автомобілів низької інтенсивності	$0,05 \times 10^6$

Примітка 2. Інші параметри, які може бути розглянуто для характеризування дорожнього руху під час перевіряння на відповідність умовам втомної довговічності, охоплюють:

- типи транспортних засобів у відсотках (див. наприклад, таблицю 6.9 (NDP)) залежно від «типу дорожнього руху»;
- параметри, за якими визначають розподіл ваги від транспортних засобів чи колісних осей кожного типу.

6.6.5 Модель втомлювальної навантаги 1 (подібна до LM1)

(1) Модель втомлювальної навантаги 1 має конфігурацію визначеної в 6.3.2 характеристичної моделі навантаги 1, у якій використовують значення осьових навантаг, що дорівнюють $0,7Q_{ik}$, та значення рівномірно розподілених навантаг, що дорівнюють $0,3q_{ik}$ для умовних смуг руху i (якщо не зазначено інше) $0,3q_{rk}$ – для залишкової площі проїзної частини.

(2) Рівномірно розподілені навантаги q_{rk} можна не враховувати, якщо це узгоджено для конкретного проєкту відповідними сторонами-учасниками.

Примітка. Значення навантаги для моделі втомлювальної навантаги 1 аналогічні встановленим значенням для моделі навантаги 1, застосовної із часто повторюваними значеннями. Однак, використання моделі навантаги із часто повторюваними значеннями без коригування призводило би до надмірного переоцінювання порівняно з іншими моделями, зокрема у разі великих завантажених площ.

(3) Максимальні й мінімальні напруження ($\sigma_{FLM,max}$ та $\sigma_{FLM,min}$) у моделі визначають із можливих схем прикладання навантаги до моста.

6.6.6 Модель втомлювальної навантаги 2 (конфігурація «типового транспортного потоку» вантажних автомобілів)

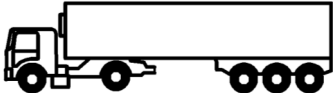
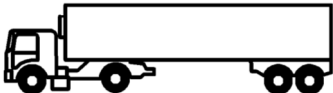
(1) За допомогою моделі втомлювальної навантаги 2 подають конфігурацію проїзду ідеалізованих вантажних автомобілів, що називають «типовим транспортним потоком» вантажних автомобілів (див. таблицю 6.8).

(2) Щодо кожного «типового транспортного потоку» вантажного автомобіля визначають:

- кількість осей та міжосьову відстань;
- типову (часто повторювану) навантагу від кожної осі;

– площі контактування коліс і поперечну відстань між колесами залежно від типу коліс, як зазначено в таблиці 6.10.

Таблиця 6.8 – Конфігурація «типового транспортного потоку» вантажних автомобілів

1	2	3	4
Силует вантажного автомобіля	Міжосьова відстань, м	Типові осьові навантаги, кН	Тип колеса (див. таблицю 6.10)
	4,5	90	A
		190	B
	4,20	80	A
	1,30	140	B
		140	B
	3,20	90	A
	5,20	180	B
	1,30	120	C
	1,30	120	C
		120	C
	3,40	90	A
	6,00	190	B
	1,80	140	B
		140	B
	4,80	90	A
	3,60	180	B
	4,40	120	C
	1,30	110	C
		110	C

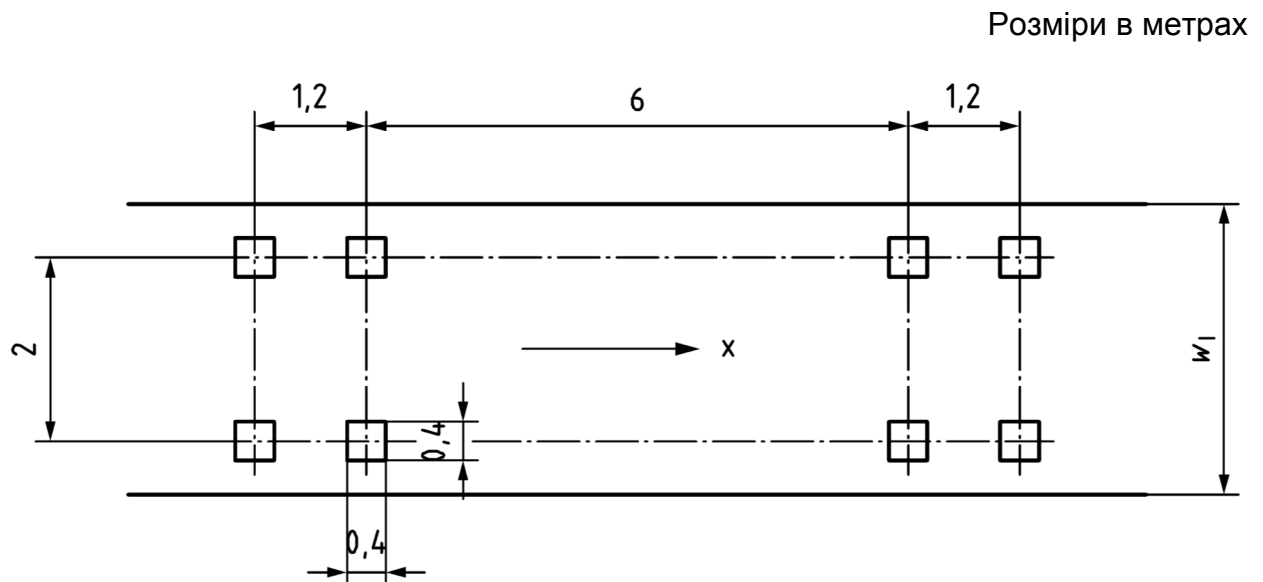
(3) Максимальні й мінімальні напруження ($\sigma_{FLM, \max}$ та $\sigma_{FLM, \min}$) визначають, ґрунтуючись на найнесприятливіших ефектах від різних вантажних автомобілів, які розглядають кожен окремо як такі, що рухаються о кожен відповідною смугою. Якщо деякі з цих вантажних

автомобілів явно спричиняють найбільш критичний ефект, то інші можна не враховувати.

6.6.7 Модель втомлювальної навантаги 3 (конфігурація проїзду одиничного транспортного засобу)

(1) У моделі втомлювальної навантаги 3 подають навантаги від чотирьох осей, на кожній з яких – два однакових колеса (див. рисунок 6.8).

(2) Вага від кожної осі дорівнює 120 кН, а контактна поверхня кожного колеса являє собою квадрат зі стороною 0,40 м.



Умовні позначки:

w_l – ширина смуги руху;

x – напрямок смуги руху на мосту

Рисунок 6.8 – Модель втомлювальної навантаги 3

(3) Розраховують максимальні й мінімальні напруження ($\sigma_{FLM,max}$ та $\sigma_{FLM,min}$) та діапазони напружень для кожного циклу коливань напружень (тобто визначають їхню алгебраїчну різницю), які виникають у конфігурації моделі внаслідок проїзду вздовж моста.

(4) Два транспортні засоби, подані у моделі втомлювальної навантаги 3, допустимо враховувати на одній смузі руху.

Примітка. Умови застосування цього правила може бути визначено в Національному додатку. Нижче наведено такі можливі умови:

- один транспортний засіб відповідає визначенню в 6.6.7(1);
- геометрія другого транспортного засобу відповідає визначенню в 6.6.7(1), а навантага від кожної осі дорівнює 36 кН (замість 120 кН);
- відстань між двома транспортними засобами, виміряна від центру до центру транспортних засобів, становить щонайменше 40 м.

6.6.8 Модель втомлювальної навантаги 4 (конфігурація потоку «стандартних» вантажних автомобілів)

(1) Модель втомлювальної навантаги 4 ґрунтується на конфігурації потоку «стандартних» вантажних автомобілів, які разом створюють ефекти, еквівалентні тим, що виникають за типових умов дорожнього руху на дорогах Європи.

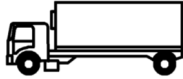
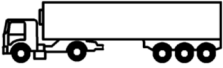
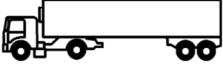
(2) Кожний «стандартний» вантажний автомобіль визначають за:

- кількістю осей та міжосьовою відстанню;
- еквівалентною навантагою від кожної осі,
- площами контактування коліс і поперечними відстанями між колесами залежно від типу колеса, як зазначено в таблиці 6.10.

Примітка 1. Модель, подана в таблиці 6.9 (NDP), у якій застосовано п'ять стандартних вантажних автомобілів, відтворює рух транспорту, який за припущенням спричиняє втомні пошкодження, еквівалентні тим, що спричинені фактичним рухом транспорту відповідної категорії згідно з таблицею 6.7 (NDP).

Примітка 2. У Національному додатку, крім наведених в таблиці 6.9, може бути встановлено інші стандартні вантажні автомобілі та відсотки рухомого складу вантажного транспорту.

Таблиця 6.9 (NDP) – Конфігурація потоку еквівалентних вантажних автомобілів

Тип транспортного засобу			Тип дорожнього руху			Тип колеса
1	2	3	4	5	6	7
			Далека відстань*	Середня відстань*	Місцеве сполучення*	
Силует вантажного автомобіля	Відстань між осями, м	Еквівалентні навантаги від кожної осі, кН	Відсоток вантажних автомобілів	Відсоток вантажних автомобілів	Відсоток вантажних автомобілів	
	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

Тип транспортного засобу			Тип дорожнього руху			Тип колеса
1	2	3	4	5	6	7
			Далека відстань*	Середня відстань*	Місцеве сполучення*	
Силует вантажного автомобіля	Відстань між осями, м	Еквівалентні навантаження від кожної осі, кН	Відсоток вантажних автомобілів	Відсоток вантажних автомобілів	Відсоток вантажних автомобілів	

* Обираючи тип дорожнього руху, в загальній ситуації припускають, що:

- «далека відстань» означає сотні кілометрів;
- «середня відстань» означає від 50 км до 100 км;
- «місцеве сполучення» означає відстані менше 50 км.

Насправді типи дорожнього руху можуть бути змішаними.

Таблиця 6.10 – Геометричні характеристики коліс та осей

Розміри в міліметрах

Тип колеса/осі	Геометричні характеристики
A	
B	
C	

(3) Визначають стандартні вантажні автомобілі, конфігурація потоку яких відповідає прогнозованому поєднанню типів рухомого складу на певному маршруті.

(4) Розрахунки виконують у такій послідовності:

– із таблиці 6.9 (NDP), колонок 4, 5 чи 6, залежно від ситуації, обирають відсоток, що відповідає проїзду кожного типу стандартного вантажного автомобіля у транспортному потоці;

– визначають загальну кількість транспортних засобів на рік, ΣN_{obs} , яку має бути враховано для всієї проїзної частини;

Примітка. Якщо в Національному додатку не вказано інших значень, загальну кількість транспортних засобів на рік для моделей втомлювальної навантаги 3 і 4 визначають із таблиці 6.7 (NDP).

– приймають припущення, що кожний стандартний вантажний автомобіль проїжджає по мосту за відсутності будь-якого іншого транспортного засобу.

(5) Спектр діапазону напружень і відповідну кількість циклів, пов'язаних із будь-якою змінюваністю напружень під час проїзду по мосту окремих вантажних автомобілів, визначають із застосуванням методу дощового потоку чи резервуарного методу підрахунку (див. додаток F EN 1990:2023).

Примітка. Правила перевіряння див. у стандартах EN 1992–EN 1999.

6.6.9 Модель втомлювальної навантаги 5 (на основі зафіксованих даних дорожнього руху)

(1) Модель втомлювальної навантаги 5 використовують, ґрунтуючись безпосередньо на зафіксованих даних дорожнього руху, доповнених, якщо застосовно, відповідними статистичними даними й результатами прогнозування методом екстраполяції.

Примітка. Умов застосування моделі втомлювальної навантаги 5 може бути встановлено в Національному додатку. Рекомендації щодо повної специфікації та застосування моделі втомлювальної навантаги 5 подано в додатку В.

6.7 Сили, спричинені зіткненням, та інші дії в аварійних розрахункових ситуаціях

6.7.1 Загальні положення

(1) В аварійних розрахункових ситуаціях потрібно враховувати, якщо застосовно, такі навантаги від дорожнього руху транспортних засобів:

- зіткнення транспортного засобу з проміжними опорами моста, нижньою поверхнею моста чи мостового настилу (див. 6.7.2);
- потрапляння важких коліс чи наїзду важкого транспортного засобу на пішохідні й велосипедні доріжки (див. 6.7.3.1),
- зіткнення транспортного засобу з бордюрами (див. 6.7.3.2), обмежувальними системами для транспортних засобів (див. 6.7.3.3) та елементами конструкцій (див. 6.7.3.4).

(2) Для мостів, на яких відповідними дорожніми знаками встановлено обмеження щодо ваги транспортних засобів, аварійну розрахункову ситуацію розглядають із використанням моделі навантаги, що відповідає тій вазі, яку подано класами найважчих транспортних засобів, яким дозволено використовувати під'їзні дороги до моста, якщо немає фізичної завади, що перешкоджає таким транспортним засобам перетинати міст.

Примітка. Аварійні навантаги, спричинені транспортними засобами у разі недотримання обмежень щодо ваги, може бути визначено в Національному додатку.

6.7.2 Сили, спричинені зіткненням транспортних засобів із нижніми конструкціями моста

(1) Сили, спричинені зіткненням з проміжними опорами, іншими опорними елементами та мостовим настилом, обчислюють згідно з EN 1991-1-7.

6.7.3 Дії, спричинені транспортними засобами на мосту

6.7.3.1 Транспортний засіб на пішохідних і велосипедних доріжках автодорожніх мостів

(1) Якщо пішохідні та велосипедні доріжки не убезпечено обмежувальною системою для транспортних засобів із відповідним рівнем стримування, має бути враховано ефекти внаслідок потрапляння важких коліс чи наїзду транспортного засобу на пішохідні доріжки.

(2) Якщо для захисту пішохідних і велосипедних доріжок на автодорожніх мостах передбачено бар'єр безпеки відповідного рівня стримування, дотримують таких умов:

- навантаження від коліс чи транспортного засобу, що перевищує цей рівень безпеки, не враховують;

- одну аварійну навантагу від осі, що відповідає $\alpha_{Q2} Q_{2k}$ (див. також 6.3.2), має бути розташовано та орієнтовано у напрямку небезпечених частин мостового полотна, щоб створити найбільш несприятливий ефект поруч із бар'єром безпеки (наприклад, див. рисунок 6.9). Розташовуючи осьову навантагу, треба враховувати очікувану деформаційну здатність обмежувальної системи;

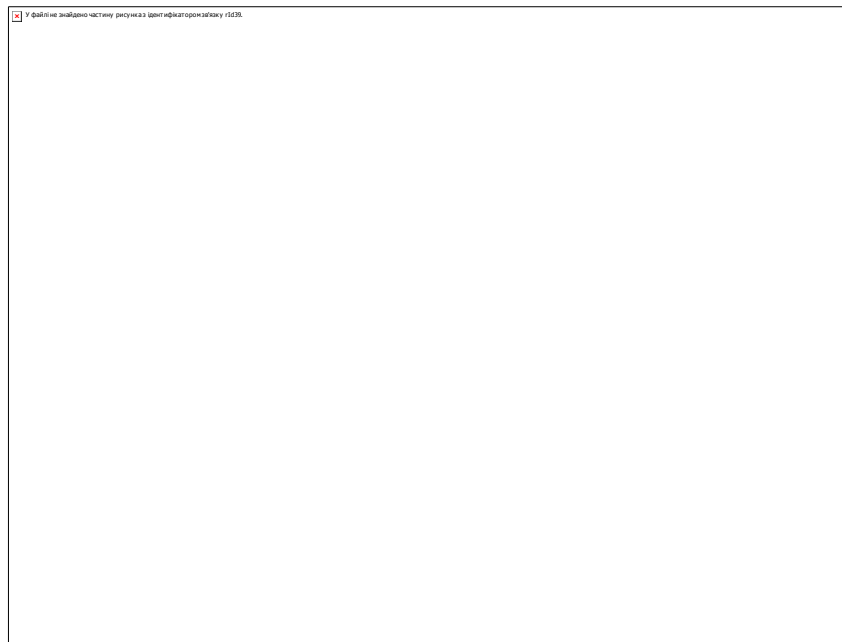
- аварійну осьову навантагу не враховують одночасно з будь-якою іншою змінною навантагою на мостове полотно; див. також A.2 EN 1990:2023;

– якщо через обмеженість геометричних характеристик наїзд двома колесами практично не можливий, враховують наїзд лише одним колесом;

– крім обмежувальної системи для транспортного засобу, якщо доцільно, застосовують характеристичне значення змінної зосередженої навантаги згідно з 7.3.3, окремо від аварійної навантаги.

Примітка. Рівні стримування для бар'єрів безпеки визначено в EN 1317-2.

Розміри в метрах



Умовні позначки:

1 – пішохідний парапет (чи транспортний парапет, якщо не передбачено бар'єр безпеки);

2 – бар'єр безпеки;

3 – проїзна частина

Рисунок 6.9 – Приклади розташування прикладених навантаг від транспортних засобів на пішохідних і велосипедних доріжках автодорожніх мостів

(3) Якщо бар'єр безпеки відповідного рівня стримування не передбачено, то подані в (2) правила застосовують до крайової частини мостового полотна, де передбачено парапет для транспортних засобів.

6.7.3.2 Сили, спричинені зіткненням із бордюрами

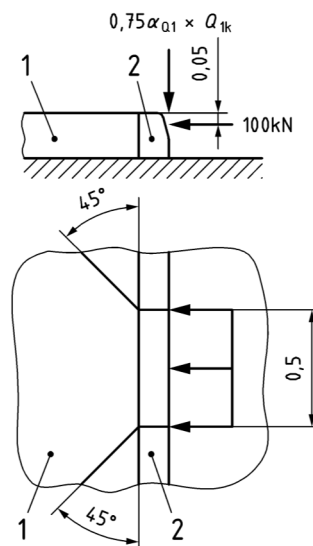
(1) Ефекти внаслідок зіткнення транспортного засобу з бордюрами потрібно враховувати у всіх ситуаціях.

(2) Дію, спричинену зіткненням транспортного засобу з бордюрами чи бар'єрними елементами, визначають як бічну силу, що дорівнює 100 кН, дія якої відбувається на 0,05 м нижче від верха бордюру та по лінії завдовжки 0,5 м (див. рисунок 6.10). Цю силу розглядають як передану бордюрами на несні елементи, на які вони опираються.

(3) У жорстких конструкційних елементах навантагу розглядають як таку, що має кут розсіювання 45° (див. рисунок 6.10).

(4) У несприятливих ситуаціях враховують вертикальну рухому навантагу, що діє одночасно із силою зіткнення, яка дорівнює $0,75 \alpha_{Q1} \times Q_{1k}$ (див. рисунок 6.10).

Розміри в метрах



Умовні позначки:

1 – пішохідна доріжка;

2 – бордюр

Рисунок 6.10 – Визначення сил, спричинених зіткненням транспортних засобів із бордюрами

6.7.3.3 Сили, спричинені зіткненням, які діють на обмежувальні системи для транспортних засобів

(1) Якщо на мостовому полотні передбачено парапети для транспортних засобів і бар'єри безпеки, потрібно враховувати ефекти від зіткнення транспортних засобів із такими дорожніми обмежувальними системами.

Примітка. Мета положень цього розділу – забезпечити відповідну міцність і стійкість анкерних кріплень, крайових балок і мостових настилів (консольних плит) та запобігти непропорційним пошкодженням внаслідок зіткнення з дорожніми обмежувальними системами, які можуть потребувати значного ремонтування та призвести до неприйнятних порушень дорожнього руху.

(2) Розробляючи проєктне рішення конструкції, яка підтримує парапет для транспортних засобів, потрібно забезпечити, щоб вона витримувала місцевий ефект від аварійної навантаги, який виникає внаслідок горизонтального навантаження, пов'язаного з характеристичним значенням місцевого опору парапету для транспортних засобів (наприклад, опором з'єднання парапету з конструкцією), не комбінуючи його з будь-яким іншим змінним навантаженням.

Примітка. Класи характеристичних значень деформаційної здатності обмежувальних систем може бути визначено в Національному додатку.

(3) Ефект від аварійної навантаги має бути щонайменше в 1,25 разу більшим, ніж характеристичне значення місцевого опору парапету для транспортних засобів як у поперечному, так і в поздовжньому напрямках, якщо іншого не зазначено в Національному додатку.

(4) У загальному розрахунку потрібно враховувати одночасну дію на міст горизонтальних сил, переданих на міст обмежувальними системами, разом із дією вертикальних сил.

(5) Рекомендовані значення горизонтальної сили, переданої на мостове полотно обмежувальними системами для транспортних засобів, угруповано у класи.

Примітка 1. Якщо в Національному додатку не визначено інших класів, відповідних їм значень та умов застосування, використовують значення відповідних класів із таблиці 6.11 (NDP).

Таблиця 6.11 (NDP) – Класи рекомендованих значень горизонтальної сили, переданої обмежувальними системами для транспортних засобів

Клас	Рекомендоване значення горизонтальної сили ^a , кН
A	200
B	300
C	450
D	600
^a Горизонтальна сила діє у поперечному напрямку	

Примітка 2. Якщо в Національному додатку не визначено інших умов застосування і розподілу, то горизонтальну силу, зазначену в таблиці 6.11 (NDP), розглядають як прикладувану на 0,9 м вище рівня проїзної частини чи пішохідної доріжки, а зусилля реакції на рівні кріплення обмежувальної системи за припущенням вважають розподіленими по довжині 4,0 м.

Примітка 3. Між значеннями, поданими в таблиці 6.11 (NDP), та класами експлуатаційних характеристик обмежувальних систем для транспортних засобів (згідно зі стандартами EN 1317) прямої кореляції немає.

(6) Для вертикальної сили, дію якої розглядають (у загальному і локальному розрахунках) одночасно з дією горизонтальної сили, спричиненої зіткненням, приймають значення, що дорівнює $\psi_1 \alpha_{Q1} Q_{1k}$. Вертикальну силу розглядають як прикладену на відстані 0,5 м від стояка поручнів.

Примітка. У Національному додатку замість ψ_1 може бути встановлено комбінаційне значення.

6.7.3.4 Сили, спричинені зіткненням із конструкційними елементами

(1) Враховують сили, спричинені зіткненням транспортних засобів із неубезпеченими елементами конструкції над рівнем проїзної частини чи поруч із нею.

Примітка. Сили, спричинені зіткненням транспортних засобів з елементами конструкції, є аналогічними силам внаслідок зіткнення з опорами й іншими тримальними елементами, і їх розраховують згідно з EN 1991-1-7 (див. 6.7.2), якщо в Національному додатку не встановлено інших правил їхнього розрахунку.

(2) Якщо між проїзною частиною та конструкційними елементами передбачено додаткові засоби захисту, силу, спричинену зіткненням транспортних засобів, може бути зменшено, якщо це узгоджено для конкретного проєкту відповідними сторонами-учасниками.

(3) Комбінації дій в аварійній розрахунковій ситуації застосовують згідно з A.2.6.8 EN 1990:2023.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

Зазначене вище посилання на A.2.6.8 EN 1990:2023 є помилковим, оскільки такого пункту не існує. У додатку А EN 1990:2023 відповідним пунктом варто вважати A.2.7, у якому розглянуто застосування комбінацій дій в аварійній розрахунковій ситуації.

(4) Для деяких проміжних елементів, якщо пошкодження одного з них (наприклад, підвіски чи ванти) не спричинить загального руйнування, може бути застосовано менші значення сили, якщо це узгоджено для конкретного проєкту відповідними сторонами-учасниками.

6.8 Дії на пішохідні парапети

(1) У конструкційному розрахунку сили, які сприймають пішохідні парапети і передають на мостове полотно, враховують як змінні навантаги.

(2) Сили, що сприймають пішохідні парапети й передають на мостове полотно, визначають залежно від обраного класу навантаження парапету.

Примітка 1. Класи навантаження пішохідних парапетів див. у CEN/TR 16949.

Примітка 2. У Національному додатку може бути визначено сили, що сприймають пішохідні парапети й передають на мостове полотно, відповідно до їхньої класифікації, установлені у CEN/TR 16949.

(3) Якщо в Національному додатку не зазначено іншого, для мостів приймають клас С як мінімальний клас навантаження парапету.

(4) Приймають щонайменше такі значення лінійної сили, прикладуваної горизонтально чи вертикально до верху пішохідного парапету:

- для пішохідних доріжок чи пішохідних мостів 1,0 кН/м;
- для проходів у зоні технічного обслуговування 0,8 кН/м.

Примітка. Ці мінімальні значення не застосовують за надзвичайних та аварійних сполучень навантаги.

(5) Якщо пішохідні парапети у відповідний спосіб убезпечені від зіткнення транспортних засобів, то в розрахунку тримальної конструкції горизонтальні дії розглядають як одночасні разом із рівномірно розподіленими вертикальними навантагами, q_{fk} , визначеними в 7.3.2.

Примітка. Пішохідні парапети можна вважати захищеними відповідним способом лише за умови, що їхня система захисту відповідає вимогам Національного додатка чи узгоджена для окремого проєкту.

(6) Якщо пішохідні парапети не можна вважати у відповідний спосіб захищеними від зіткнень транспортних засобів, то конструкцію, яка підтримує пішохідний парапет, проєктують із таким розрахунком, щоб вона витримувала ефект від аварійної навантаги (що відповідає щонайменше помноженому на 1,25 характеристичному значенню опору парапету), який не поєднують із жодною іншою змінною навантагою.

Примітка. У Національному додатку може бути визначено інше мінімальне значення ефекту від аварійної навантаги (1,25).

6.9 Модель навантаги на геотехнічні конструкції: характеристичні значення

6.9.1 Загальні положення

(1) Як альтернатива поданим у 6.3 моделям рухомої навантаги, для розрахунку ефектів спричиненої дорожнім рухом навантаги на геотехнічні конструкції може бути використано також зазначену в цьому підрозділі модель навантаги за умови схвалення (валідації) геотехнічної розрахункової моделі.

Примітка 1. Додаткові правила застосування та застосовність для інших типів конструкцій, геотехнічних конструкцій і заглиблених конструкцій може бути наведено в Національному додатку.

Примітка 2. Щодо комбінування поданої в цьому підрозділі моделі навантаги з рухомою навантагою на мостове полотно див. A.2 та таблицю A.2.7 в EN 1990:2023.

Примітка 3. Моделі навантаги від дорожнього руху, визначені в 6.3, які охоплюють ефекти зосереджених колісних навантаг, є основою для спрощеного розрахунку згідно з 6.9.

(2) Геотехнічну розрахункову модель має бути схвалено (валідовано) згідно з 7.1.1 EN 1997-1.

Примітка. Навантаження розглядають як частину геотехнічної розрахункової моделі. Валідація розрахункової моделі, яка залежить від геотехнічної категорії, полягає в тому, щоб підтвердити її відповідність конкретній розрахунковій ситуації та застосовність в діапазоні її граничних значень. Існує суворі взаємозалежність між характеристиками ґрунту, прикладеною навантагою та методами розрахунку.

6.9.2 Розподілені вертикальні навантаги

(1) За умови валідації геотехнічної розрахункової моделі, модель спричиненої дорожнім рухом навантаги допустимо подавати з застосуванням двох різних рівномірно розподілених навантаг, Q_{ek} та q_{ek} , зони дії яких не перекриваються (див. рисунок 6.11).

Розміри в метрах

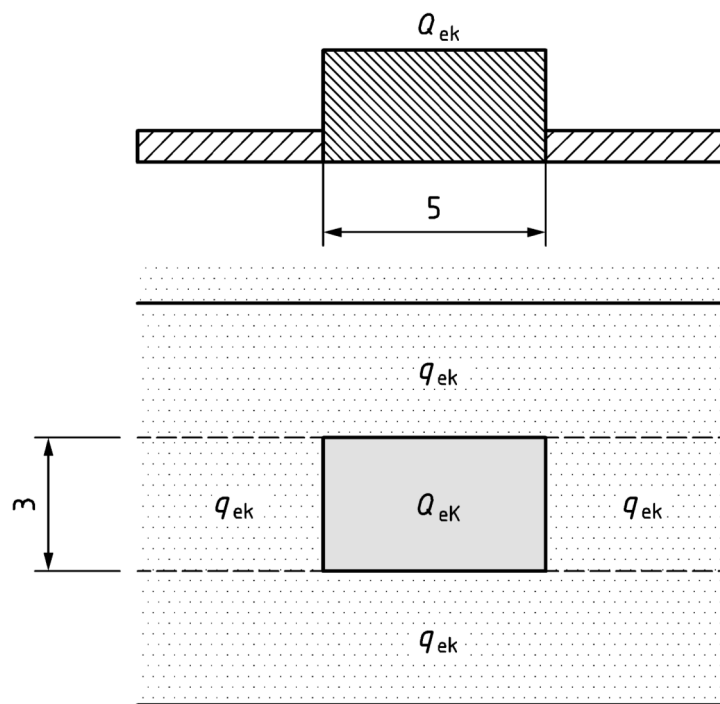


Рисунок 6.11 – Модель спричиненої дорожнім рухом навантаги для геотехнічних споруд

Примітка 1. Рисунок 6.11 застосовують до LM1 для проектування берегових опор, укісних відкритків, бічних стінок, інших частин моста, що контактують із ґрунтом, якщо в Національному додатку не встановлено інших правил застосування.

Примітка 2. Якщо Національний додаток не містить інших значень і правил застосування, приймають характеристичне значення зосередженої навантаги Q_{ek} 600 кН, розподіленої по прямокутній поверхні, площа якої становить 3 м × 5 м (тобто 40 кН/м²).

Примітка 3. Якщо в Національному додатку не встановлено іншого значення і правил застосування, приймають характеристичне значення рівномірно розподіленої навантаги q_{ek} 9 кН/м², яку розглядають як прикладену до залишкової площі проїзної частини.

Примітка 4. Значення Q_{ek} відповідає тандемній навантазі смуги руху № 1 в LM 1, а q_{ek} відповідає рівномірно розподіленій навантазі смуги руху № 1 в LM1.

Примітка 5. Якщо в Національному додатку не встановлено іншого значення чи правил застосування, для зон, доступ до яких передбачено лише для технічного обслуговування, приймають значення q_{ek} 5 кН/м².

(2) Зосереджену навантагу, Q_{ek} , має бути розташовано так, щоб у розглядуваній розрахунковій ситуації було отримано найнесприятливіший ефект.

6.9.3 Спрощені вертикальні навантаги з урахуванням перерозподілу

1) Для геотехнічних конструкцій, які вможливлють перерозподіл зосереджених поверхневих навантаг через ґрунт, або якщо місцеві ефекти не є суттєвими, модель спричиненої дорожнім рухом навантаги може бути подано із застосуванням спрощеної еквівалентної рівномірно розподіленої навантаги, $q_{ek,l}$.

Примітка 1. Приклади конструкцій, що вможливлють перерозподіл, – насипи та підпірні конструкції.

Примітка 2. Якщо в Національному додатку не встановлено іншого значення чи правил застосування, для LM1 на одній смузі руху завширшки 3 м приймають значення $q_{ek,l}$ 20 кН/м², а на інших смугах руху – 9 кН/м². Найбільш навантажену смугу руху обирають для забезпечення найбільш несприятливого ефекту в розглядуваній розрахунковій ситуації.

Примітка 3. Якщо в Національному додатку не встановлено іншого значення чи правил застосування, то для зон, доступ до яких передбачено лише для технічного обслуговування, приймають значення $q_{ek,l}$ 5 кН/м².

Примітка 4. Спрощена еквівалентна рівномірно розподілена навантага призводить до переоцінювання ефектів порівняно із застосуванням моделей навантаги згідно з 6.3, які ґрунтуються на припущенні щодо рівномірного перерозподілу ваги типового транспортного засобу на типовій довжині 14 м.

(2) Спрощену модель вертикальної навантаги не використовують, якщо відстань по горизонталі між проїзною частиною та конструкцією менше заданої відстані.

Примітка 1. Якщо в Національному додатку не зазначено іншого, приймають значення відстані 1,0 м.

Примітка 2. Місцеві ефекти можуть бути суттєвими, наприклад, якщо колісні навантаги діють близько до конструкції.

6.9.4 Горизонтальна сила, прикладена до берегових опор

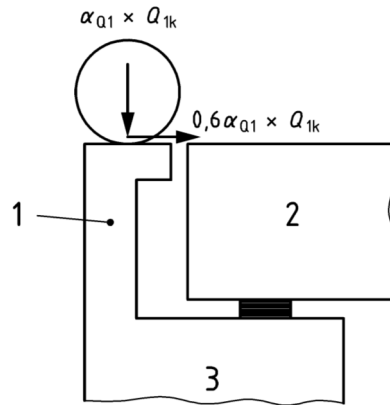
(1) На рівні поверхневого шару покриття проїзної частини над насипом дію горизонтальної сили враховувати не потрібно.

(2) Проєктуючи бортові стінки берегових опор (рисунок 6.12), дотримують таких умов:

– враховують поздовжню силу гальмування, застосовуючи формулу (6.6);

– поздовжню силу гальмування розглядають як таку, що діє одночасно з навантаженням від колісних осей $\alpha_{Q1}Q_{1k}$ у моделі LM1 та тиском ґрунту насипу;

– навантагу на насип як одночасну дію не розглядають.



Умовні позначки:

- 1 – бортова стінка;
- 2 – мостовий настил;
- 3 – берегова опора

Рисунок 6.12 – Визначення навантаг на бортові стінки

7 ДІЇ НА ПІШОХІДНІ Й ВЕЛОСИПЕДНІ ДОРІЖКИ ТА ПІШОХІДНІ МОСТИ

7.1 Область застосовних значень

(1) Моделі навантаги, визначені в розділі 7, використовують для проектування пішохідних доріжок, велосипедних доріжок та пішохідних мостів, дотримуючи таких обмежень:

– рівномірно розподілену навантагу q_{fk} (визначену в 7.3.2) та зосереджену навантагу Q_{fwk} (визначену в 7.3.3) використовують для пішохідних мостів, пішохідних доріжок автодорожніх мостів і пішохідних доріжок загального користування на залізницях, якщо застосовно (див. 6.5, 6.7.3 та 8.3.7);

– всі інші змінні дії та дії, застосовні в аварійних ситуаціях, які зазначено у цьому розділі, призначено лише для пішохідних мостів.

Примітка. Щодо навантаг на сходи див. 6.5 в EN 1991-1-1.

(2) У разі широких пішохідних мостів (наприклад, завширшки понад 6 м) допустимо застосовувати додаткові моделі навантаги та

пов'язані з ними правила комбінування, якщо це узгоджено для конкретного проєкту відповідними сторонами-учасниками.

(3) Для розрахунку ефектів навантаги, які має бути виконано для будь-якого типу моста, визначені в розділі 7 змінні дії розглядають як статичні, оскільки моделі й значення навантаги передбачають врахування динамічних ефектів. Єдиним винятком є розрахунки, що стосуються коливань пішохідних мостів, які виконують, застосовуючи динамічний розрахунок (див. 7.7).

(4) Моделі й значення навантаги, визначені в розділі 7, не охоплюють ефекти навантаг на будівельні майданчики, визначення яких обумовлюють окремо, якщо доцільно.

(5) Моделі та репрезентативні значення, подані в цьому розділі, використовують для розрахунків на відповідність умовам граничних станів експлуатаційної придатності та несної здатності, за винятком граничних станів за втомною міцністю.

7.2 Подання дій

7.2.1 Моделі навантаги

(1) Якщо застосовно, враховують пов'язані з експлуатаційними навантагами дії:

- рух пішоходів і велосипедистів;
- незначні звичайні навантаги, пов'язані з будівництвом і технічним обслуговуванням (наприклад, від транспортних засобів для технічного обслуговування);
- дії в аварійних розрахункових ситуаціях.

Примітка 1. Ці навантаги спричиняють вертикальні й горизонтальні, статичні й динамічні сили, які визначено в розділі 7.

Примітка 2. Навантаги на пішохідні мости можуть відрізнятися залежно від їхнього розташування і можливих умов руху деяких транспортних засобів у потоці.

Ці чинники діють незалежно один від одного, і їхні дії розглядають в інших пунктах нижче.

(2) Спеціальні навантаги від пересування коней чи великої рогатої худоби може бути узгоджено для конкретного проєкту відповідними сторонами-учасниками.

7.2.2 Застосування моделей навантаги

(1) Виконуючи кожне окреме перевіряння, моделі навантаги потрібно застосовувати до будь-яких місць у межах відповідних зон/ділянок так, щоб отримати найнесприятливіший ефект.

(2) Для пішохідних мостів потрібно використовувати дії, застосовні до пішохідних доріжок автодорожніх мостів та пішохідних доріжок загального користування на залізничних мостах. Транспортний засіб для технічного обслуговування (див. 7.3.4) допустимо не враховувати, якщо це узгоджено для окремого проєкту відповідними сторонами-учасниками.

7.3 Статичні моделі для вертикальних навантаг: характеристичні значення

7.3.1 Загальні положення

(1) Нижче зазначено моделі, які є взаємовиключними, і їх враховують, якщо застосовно, зокрема:

- рівномірно розподілена навантага, q_{fk} ;
- зосереджена навантага, Q_{fwk} та
- зосереджені навантаги, Q_{serv} , за допомогою яких подають дії, спричинені транспортними засобами для технічного обслуговування.

(2) Характеристичні значення цих моделей навантаги використовують як для постійних, так і для перехідних розрахункових ситуацій.

7.3.2 Рівномірно розподілена навантаги

(1) Для пішохідних мостів визначають рівномірно розподілену навантагу, q_{fk} .

Примітка. Якщо в Національному додатку не встановлено інших правил, рівномірно розподілену навантагу q_{fk} можна обчислити за формулою (7.1).

$$q_{fk} = 2,0 + \frac{120}{L + 30}, \text{ кН/м}^2; \quad (7.1)$$

$$q_{fk} \geq 2,5 \text{ кН/м}^2; \quad q_{fk} \leq 5,0 \text{ кН/м}^2,$$

де

L – довжина підданої впливам несприятливої ділянки поверхні, м.

(2) На пішохідних і велосипедних доріжках автодорожніх чи залізничних мостів дію рівномірно розподіленої навантаги розглядають як спричинене натовпом навантаження, визначене в 6.3.5, якщо інше не погоджено для конкретного проекту відповідними сторонами-учасниками.

(3) Рівномірно розподілену навантагу має бути прикладено лише до підданих впливам несприятливих ділянок поверхні пішохідного моста, пішохідної чи велосипедної доріжки.

7.3.3 Зосереджена навантага

(1) Визначають зосереджену навантагу Q_{fwk} .

Примітка. Якщо в Національному додатку не вказано інших значень, приймають зосереджену навантагу Q_{fwk} , яка дорівнює 10 кН та діє на поверхню квадратної форми зі стороною 0,10 м.

(2) Якщо під час перевіряння загальні та місцеві ефекти можливо відокремити один від одного, то зосереджену навантагу враховують лише для визначення місцевих ефектів і не поєднують із жодною іншою змінною навантагою.

(3) Для пішохідних мостів, щодо яких зазначено транспортний засіб для технічного обслуговування, Q_{fwk} не враховують.

7.3.4 Транспортний засіб для технічного обслуговування

(1) Вимогу щодо врахування транспортного засобу для технічного обслуговування допустимо не виконувати, якщо передбачено постійні заходи для перешкоджання доступу всіх транспортних засобів до пішохідного моста.

(2) Якщо потрібно, щоб транспортні засоби для технічного обслуговування проїжджали по пішохідному мосту чи пішохідній доріжці, має бути враховано один транспортний засіб для технічного обслуговування, Q_{serv} .

(3) Кілька транспортних засобів для технічного обслуговування (у разі взаємовиключних ситуацій) допустимо враховувати, лише якщо це узгоджено для конкретного проекту відповідними сторонами-учасниками.

(4) У разі відсутності інформації та будь-яких перешкод, що можуть завадити заїзду транспортного засобу на мостове полотно, для подання транспортного засобу для технічного обслуговування як характеристичної навантаги застосовують модель навантаги від транспортного засобу, зазначену в 7.6.3.

Примітка. Цей транспортний засіб може бути транспортним засобом для технічного обслуговування, для надзвичайних ситуацій (наприклад, швидка допомога, пожежна служба) чи належати до інших служб. Характеристики цього транспортного засобу (осьова навантага та міжосьова відстань, площа контактування коліс), динамічне посилення і всі інші відповідні правила щодо навантаження може бути визначено в Національному додатку.

7.4 Статична модель дії горизонтальних сил: характеристичні значення (лише для пішохідних мостів)

(1) Враховують горизонтальну силу, Q_{flk} , що діє уздовж осі мостового полотна на рівні дорожнього покриття.

Примітка. Якщо в Національному додатку не вказано інших значень, приймають характеристичне значення горизонтальної сили, що дорівнює більшому з таких двох значень:

– 10 відсотків від загальної навантаги, що відповідає рівномірно розподіленій навантазі (7.3.2);

– 60 відсотків від загальної ваги транспортного засобу для технічного обслуговування, якщо застосовно (7.3.4).

(2) Горизонтальну силу потрібно розглядати як таку, що діє одночасно з відповідною вертикальною навантагою.

(3) Щоб забезпечити поперечну стійкість у горизонтальному напрямку, враховують інші дії, крім горизонтальної сили Q_{flk} , або вживають відповідних конструктивних заходів.

Примітка. Врахування горизонтальної сили Q_{flk} зазвичай буває достатньо, щоб забезпечити для пішохідних мостів поздовжню стійкість в горизонтальному напрямку. Однак це не забезпечує поперечної стійкості в горизонтальному напрямку.

7.5 Групи рухомих навантаг (лише для пішохідних мостів)

(1) Якщо застосовно, враховують вертикальні навантаги й горизонтальні сили, що виникають внаслідок руху транспорту, розглядаючи групи навантаг, визначені в таблиці 7.1. У кожній з цих груп визначено характеристичне значення простої змінної дії для комбінації з непов'язаними з дорожнім рухом навантагами.

Примітка. Групи навантаг, зазначені в таблиці 7.1, є взаємовиключними.

Таблиця 7.1 – Визначення груп навантаг (характеристичні значення)

Тип навантаги		Вертикальні сили			Горизонтальні сили
Система навантаги		Рівномірно розподілена навантага	Транспортний засіб для технічного обслуговування	Зосереджена навантага	
Групи навантаг	gr1	q_{fk}	–	–	Q_{fk}
	gr2	–	Q_{serv}	–	Q_{fk}
	gr3	–	–	Q_{fwk}	–

(2) У будь-якій комбінації рухомих навантаг із діями, зазначеними в інших частинах EN 1991, будь-яку з таких груп розглядають як одну дію.

Примітка. Інші репрезентативні значення окремих компонентів рухомих навантаг для пішохідних мостів визначено в A.2 EN 1990:2023.

7.6 Сили, спричинені зіткненням, та інші дії в аварійних розрахункових ситуаціях (лише для пішохідних мостів)

7.6.1 Загальні положення

(1) Дії в аварійних розрахункових ситуаціях подають як статичні еквівалентні навантаги, що охоплюють:

- дорожній рух (тобто зіткнення) під мостом або
- випадковий (аварійний) заїзд важкого транспортного засобу на міст.

Примітка. Інші аварійні дії (див. 4.3) може бути узгоджено для конкретного проекту відповідними сторонами-учасниками.

7.6.2 Сили, спричинені зіткненням транспортних засобів із нижніми конструкціями пішохідного моста

7.6.2.1 Загальні положення

(1) Визначають заходи для убезпечення пішохідного моста.

Примітка. Пішохідні мости (проміжні опори та мостове полотно) зазвичай набагато сприйнятливіші до спричинених зіткненням сил, ніж автодорожні мости. Запроєктувати їх із розрахунком на однакову навантагу внаслідок зіткнення може бути практично не можливо. Найефективніший спосіб врахування сил внаслідок зіткнення зазвичай полягає в убезпеченні пішохідних мостів за допомогою:

- дорожніх обмежувальних систем;
- більшого просвіту порівняно із сусідніми автомобільними чи залізничними мостами, спорудженими над тією самою дорогою, за відсутності проміжного доступу до дороги.

7.6.2.2 Сили, спричинені зіткненням із проміжними опорами

(1) Сили, спричинені зіткненням із проміжними опорами, розраховують згідно з EN 1991-1-7.

7.6.2.3 Сили, спричинені зіткненням із мостовим настилом

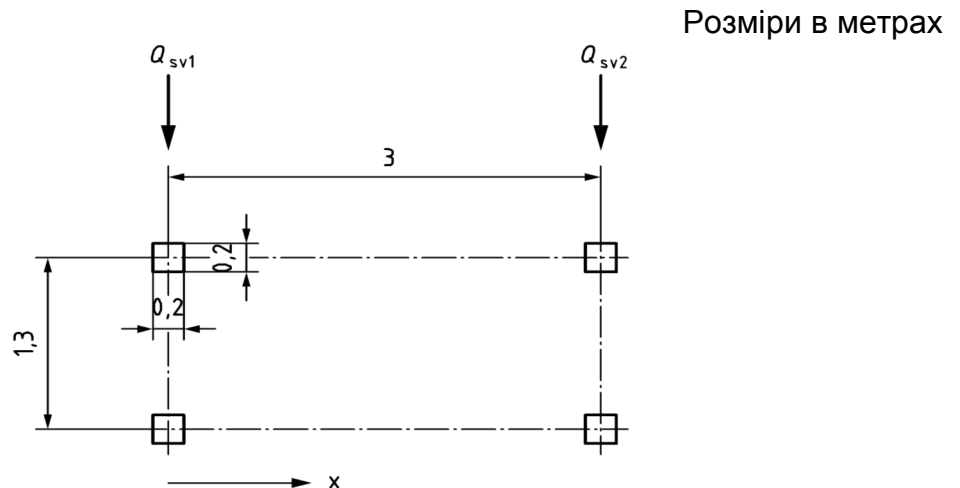
(1) Сили, спричинені зіткненням із мостовим настилом, розраховують згідно з EN 1991-1-7.

7.6.3 Випадковий заїзд транспортних засобів на пішохідний міст

(1) Якщо немає жодної постійної завади, що перешкоджає транспортному засобу заїжджати на мостове полотно, враховують випадковий заїзд транспортного засобу на мостове полотно за найнесприятливішого розташування відносно розглядуваного конструкційного елемента.

Примітка 1. Якщо в Національному додатку не зазначено іншого, застосовують зазначену нижче модель навантаги, що імітує випадковий заїзд на пішохідний міст транспортних засобів із такими характеристиками:

- група двовісних навантаг 80 кН та 40 кН, відокремлені одна від одної колісною базою 3 м (рисунок 7.1);
- колія (відстань між центрами коліс) 1,3 м;
- площі контактування квадратної форми зі стороною 0,2 м на рівні покриття;
- сила гальмування, відповідна моделі навантаги, становить 60 % від вертикальної навантаги.



Умовні позначки:

$Q_{sv1} = 80 \text{ кН};$

$Q_{sv2} = 40 \text{ кН}$

Рисунок 7.1 – Аварійне навантаження

Примітка 2. Див. примітку в 7.3.4 (4).

(2) Одночасно з моделлю навантаги, що імітує випадковий заїзд транспортного засобу на мостове полотно, жодних змінних дій не враховують.

7.7 Динамічні моделі навантаг, спричинених рухом пішоходів (лише для пішохідних мостів)

(1) Якщо застосовно, визначають моделі динамічних навантаг, спричинених рухом пішоходів.

Примітка. Рекомендації щодо моделей динамічної навантаги подано в додатку G.

7.8 Дії на парапети

(1) Пішохідні парапети проєктують відповідно до 6.8.

7.9 Модель навантаги на берегові опори та суміжні стіни моста

(1) Зовнішню ділянку проїзної частини, яка контактує з ґрунтом і розташована за межами берегових опор, укісних відкритків, бокових стін та інших частин моста, проєктують так, щоб до неї було прикладено рівномірно розподілену вертикальну навантагу 5 кН/м^2 . Якщо інше не зазначено компетентним органом влади чи не узгоджено для конкретного проєкту відповідними сторонами-учасниками, для врахування транспортного засобу для технічного обслуговування допустимо використовувати 20 % від зосередженої навантаги $Q_{\text{ек}}$ (див. 6.9).

Примітка. У цій навантазі не враховано ефекти, спричинені важкою будівельною технікою та іншими вантажними автомобілями, які розташовують для роботи зазвичай на насипу.

(2) Зосереджену навантагу розподіляють по ділянці поверхні прямокутної форми з розмірами сторін $3 \text{ м} \times 5 \text{ м}$ і розташовують на проїзній частині так, щоб отримати найнесприятливіший ефект на розглядувану конструкцію. Розташування на проїзній частині рівномірно розподіленої навантаги й зосередженої навантаги має відповідати 6.9.2.

8 ДІЇ, СПРИЧИНЕНІ ЗАЛІЗНИЧНИМ РУХОМ, ТА ІНШІ ДІЇ, СПЕЦИФІЧНІ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ МОСТІВ

8.1 Область застосовних значень

(1) Моделі навантаги, визначені в розділі 8, використовують для моделювання залізничного руху по стандартній та ширшій за стандартну залізничній колії.

Примітка. Моделі навантаги, визначені в цьому розділі, не відображають фактичних навантаг. Їх було обрано з таким розрахунком, щоб їхні ефекти, за

окремого врахування динамічного посилення навантаг, відображали наслідки дій, спричинені рухом транспорту для технічного обслуговування.

(2) Моделі навантаги, визначені в розділі 8, не застосовують для моделювання руху залізничного транспорту на:

- вузькоколіїчних залізницях;
- трамвайних коліях та інших залізницях полегшеного типу;
- резервних залізницях;
- зубчасто-рейкових (гірських) залізницях;
- фунікулерних залізницях.

(3) Якщо потрібно врахувати рух транспорту чи конструкції, які не охоплено областю застосовних значень моделей навантаги, визначених у розділі 8, або такі, щодо яких значення дій перевищують визначені в цьому розділі, то альтернативні моделі навантаги та застосовні правила комбінування визначає компетентний орган влади або, якщо він їх не визначив, їх узгоджують для конкретного проєкту відповідні сторони учасники.

Примітка. Альтернативні моделі навантаги та відповідні правила комбінування може бути встановлено в Національному додатку.

(4) Моделі навантаги, визначені в розділі 8, використовують для перевіряння деформації конструкцій, що сприймають навантаги від залізничного руху, з метою забезпечення експлуатаційної придатності та комфорту пасажирів тощо.

Примітка. Допустимі деформації та граничне прискорення визначено в A.2.8.4 EN 1990:2023.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

Зазначене вище посилання на A.2.8.4 EN 1990:2023 є помилковим, оскільки такого пункту не існує. У додатку A EN 1990:2023

відповідним пунктом варто вважати А.2.9.4, у якому визначено критерії експлуатаційної придатності залізничних мостів для перевіряння допустимих деформацій і граничних значень прискорення внаслідок дій, спричинених залізничним рухом.

(5) Моделі навантаги, визначені в розділі 8, використовують для перевіряння конструкцій, що сприймають навантаги від залізничного руху, на відповідність умовам втомної довговічності.

Примітка. Як основу для розрахунку втомної довговічності конструкцій подано три стандартні комбінації навантаг від руху залізничного транспорту (див. додаток D).

(6) Власну вагу елементів, окрім конструкційних, приймають з урахуванням ваги залізничного устаткування та інших об'єктів, які підтримує конструкція.

Примітка. До таких елементів, окрім конструкційних, належать, наприклад, шумові бар'єри та бар'єри безпеки, сигнальні пристрої, повітроводи, кабелі та обладнання повітряних ліній електропередач (без урахування зусиль, що виникають внаслідок натягу контактного проводу тощо).

(7) Альтернативні вимоги щодо навантаження та проєктування тимчасових мостів визначає компетентний органом влади або узгоджують для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

Примітка 1. Якщо в Національному додатку не вказано інших навантаг, то для проєктування тимчасових залізничних мостів застосовують вимоги щодо навантаження, викладені у цьому стандарті.

Примітка 2. Додаткові вимоги щодо проєктування тимчасових мостів, залежно від умов їхнього використання, може бути встановлено в Національному додатку (наприклад, для косих мостів бувають потрібні спеціальні вимоги).

(8) У разі тимчасових конструкцій особливої уваги приділяють характеру їхньої деформації з урахуванням заданих умов експлуатації конструкції.

8.2 Подання дій: характер навантаг, спричинених залізничним рухом

(1) Якщо застосовно, враховують прикладені дії, спричинені рухом залізничного транспорту.

Примітка 1. Ці навантаги призводять до виникнення вертикальних і горизонтальних, статичних і динамічних сил, а також аварійних розрахункових ситуацій, які визначено у розділі 8, зокрема:

- вертикальні навантаги: моделі навантаги 71, SW/0, SW/2, модель навантаги від «ненавантаженого потяга» та HSLM (8.3 та 8.4.6.1.1);
- вертикальне навантаження геотехнічних конструкцій (8.10);
- динамічні ефекти (8.4);
- відцентрові сили (8.5.1);
- сила бічного тиску коліс (8.5.2);
- сили тяги й гальмування (8.5.3);
- аеродинамічні дії внаслідок проїзду потягів (8.6);
- дії, спричинені устаткуванням повітряних ліній електропередачі та іншою залізничною інфраструктурою та устаткуванням (8.7.4);
- дії, спричинені сходженням з рейок залізничного транспорту, в аварійних розрахункових ситуаціях для визначення ефекту внаслідок сходження з рейок залізничного транспорту для конструкції, що сприймає рухомі навантаги від залізничного транспорту (8.7.2).

Примітка 2. Рекомендації щодо оцінювання комбінованої реакції конструкції та залізничної колії на змінні дії подано у 8.5.4.

Примітка 3. Дії, пов'язані зі сходженням з рейок під мостом, визначено в EN 1991-1-7.

8.3 Вертикальні навантаги: моделі навантаг, характеристичні значення (статичні ефекти) та ексцентриситет і розподілене навантаження

8.3.1 Загальні положення

(1) Дії, спричинені залізничним рухомим складом, визначають із застосуванням моделей навантаги. Нижче зазначено п'ять моделей навантаги, спричиненої залізничним рухомим складом:

- модель навантаги 71 (та модель навантаги SW/0 для нерозрізних конструкційних елементів і настилів) для подання навантаг від звичайного рухомого складу на залізничних магістралях;

- модель навантаги SW/2 для подання навантаг від важкого рухомого складу;

- модель навантаги HSLM для подання навантаг від пасажирських потягів, що проїжджають зі швидкістю понад 200 км/год;

- модель навантаги від «ненавантаженого потяга» для подання ефекту від проїзду порожнього потяга.

Примітка. Вимоги щодо застосування цих моделей навантаги (крім HSLM) охоплено у 8.3.2, 8.3.3 та 8.3.4. Вимоги щодо застосування HSLM викладено у 8.4.6.1. Інші вимоги щодо застосування моделей навантаги подано у 8.8.1 та 8.8.2.

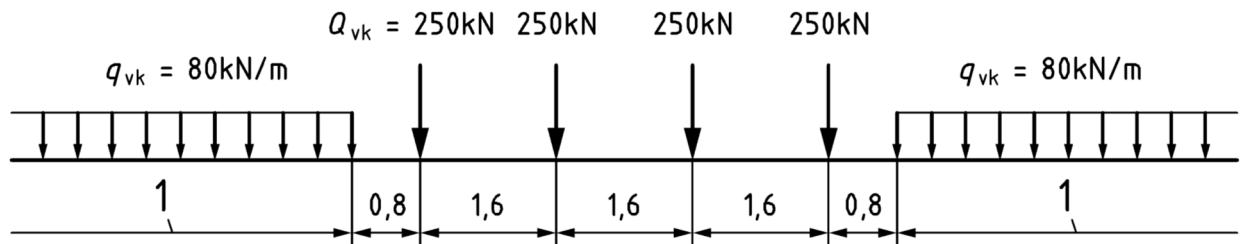
(2) Обумовлюють можливість варіювання заданої навантаги залежно від характеру, різних обсягів та максимальної ваги залізничного транспорту, що курсує різними залізницями, а також залежно від різної якості залізничної колії.

8.3.2 Модель навантаги 71

(1) Модель навантаги 71 (LM71) відображає статичний ефект від вертикальної навантаги, спричиненої звичайним рухомим складом залізничного транспорту.

(2) Схему прикладання навантаги та характеристичні значення вертикальних навантаг визначають, як показано на рисунку 8.1.

Розміри в метрах



Умовні позначки:

1 – обмежень не зазначено, див. 8.8.1

Рисунок 8.1 – Модель навантаги 71 та характеристичні значення вертикальних навантаг

(3) «Класифіковані вертикальні навантаги» потрібно обчислити множенням поданих на рисунку 8.1 характеристичних значень на коефіцієнт α .

Примітка. Коефіцієнт α може бути використано для визначення ефектів навантаги на смуги руху, що сприймають навантаження від залізничних колій, по яких проїжджає більше чи менше вантажних чи пасажирських потягів, порівняно зі звичайним залізничним рухом.

(4) Значення коефіцієнта α потрібно обрати з поданих нижче значень, що має визначити компетентний орган влади чи мають узгодити для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники:

0,75 — 0,83 — 0,91 — 1,00 — 1,10 — 1,21 — 1,33 — 1,46

Примітка. Коефіцієнт α може бути встановлено в Національному додатку.

(5) Для залізничних ліній міжнародного сполучення використовують значення $\alpha \geq 1,00$.

(6) Нижче подано перелік дій, значення яких потрібно помножити на коефіцієнт α :

– відцентрові сили згідно з 8.5.1;

- сила бічного тиску коліс згідно з 8.5.2 (помножують на α , лише якщо $\alpha \geq 1$);
- сили тяги й гальмування згідно з 8.5.3;
- комбінована реакція конструкції та залізничної колії на змінні дії згідно з 8.5.4;
- дії, спричинені сходженням із рейок в аварійних розрахункових ситуаціях згідно з 8.7.2(2);
- модель навантаги SW/0 для нерозрізних конструкційних елементів і настилів згідно з 8.3.3;
- еквівалентне вертикальне навантаження геотехнічних конструкцій та ефекти від тиску ґрунту згідно з 8.10.

(7) До вищезазначених дій застосовують один і той самий коефіцієнт α ; інші значення коефіцієнта α допустимо застосовувати до еквівалентного вертикального навантаження геотехнічних конструкцій.

(8) Для перевіряння допустимих прогинів використовують класифіковані вертикальні навантаги й інші дії, посилені множенням на α згідно з 8.3.2(3) (за винятком ситуацій, пов'язаних із комфортом пасажирів, у яких приймають значення α , що дорівнює одиниці).

(9) Для геотехнічних конструкцій допустимо використовувати схему прикладання еквівалентних навантаг і характеристичні значення вертикальних навантаг згідно з 8.10.

(10) Щоб визначити найнесприятливіші ефекти від навантаги, застосовуючи модель навантаги 71:

- має бути прикладено за один раз до чотирьох окремих зосереджених навантаг Q_{vk} на одну залізничну колію, причому до колії за довжиною будь-якої кількості відтинків треба прикладати рівномірно розподілені навантаги q_{vk} , використовуючи для розглядуваного

конструкційного елемента найнесприятливіші схеми прикладання навантаг;

– у разі конструкцій, які сприймають навантаження від двох залізничних колій, модель навантаги 71 має бути застосовано до однієї колії чи до обох колій;

– у разі конструкцій, які сприймають навантаження від трьох чи більше залізничних колій, модель навантаги 71 потрібно застосовувати до однієї колії чи до двох колій, або помножену на 0,75 навантагу з моделі 71 потрібно розглянути як прикладену до трьох чи більше колій.

8.3.3 Моделі навантаги SW/0 та SW/2

(1) Модель навантаги SW/0 використовують як додаткову до моделі навантаги 71 для подання статичного ефекту від вертикального навантаження на нерозрізні конструкційні елементи й настили, спричиненого звичайним рухомим складом залізничного транспорту.

(2) Модель навантаги SW/2 використовують як додаткову до моделі навантаги 71 для подання статичного ефекту від вертикального навантаження, спричиненого важким рухомим складом залізничного транспорту.

(3) Схему прикладання навантаги, застосовувану для моделей навантаги SW/0 та SW/2, має бути прийнято згідно з рисунком 8.2, із характеристичними значеннями вертикальних навантаг згідно з таблицею 8.1.

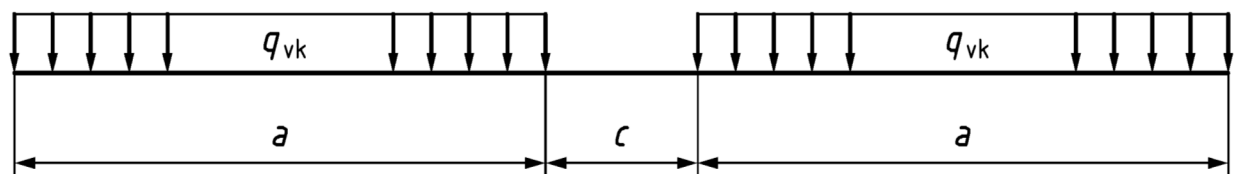


Рисунок 8.2 – Моделі навантаги SW/0 та SW/2

Таблиця 8.1 – Характеристичні значення вертикальних навантаг для моделей навантаги SW/0 та SW/2

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

(4) Модель навантаги SW/2 потрібно розглядати щодо залізничних ліній чи їхніх ділянок, використовуваних для проїзду важкого рухомого складу залізничного транспорту, які визначає компетентний орган влади чи узгоджують для конкретного проекту відповідні сторони-учасники.

Примітка. Застосування моделі навантаги SW/2 до залізничних ліній може бути встановлено в Національному додатку.

(5) Значення змодельованої навантаги у моделі SW/0 потрібно помножити на коефіцієнт α згідно з 8.3.2(3).

(6) Щоб визначити найбільш несприятливі ефекти навантаги, застосовуючи модель навантаги SW/0:

- навантагу, зазначену на рисунку 8.2 та в таблиці 8.1, має бути прикладено один раз до кожної залізничної колії;

- у разі конструкцій, які сприймають навантаження від двох залізничних колій, модель навантаги SW/0 має бути прикладено до однієї колії чи до обох колій;

- у разі конструкцій, які сприймають навантаження від трьох чи більше залізничних колій, модель навантаги SW/0 має бути застосовано до однієї колії чи до двох колій, або помножене на 0,75 значення моделі навантаги SW/0 має бути застосовано до трьох чи більше колій.

(7) Усі нерозрізні конструкційні елементи й настили, розраховані із застосуванням моделі навантаги 71, має бути додатково перевірено із застосуванням моделі навантаги SW/0.

(8) Щоб визначити найбільш несприятливі ефекти навантаги, застосовуючи модель навантаги SW/2:

– навантагу, зазначену на рисунку 8.2 та в таблиці 8.1, має бути прикладено один раз до кожної залізничної колії;

– у разі конструкцій, які сприймають навантаження від більш ніж одної залізничної колії, модель навантаги SW/2 має бути застосовано лише до однієї колії, а модель навантаги 71 чи модель навантаги SW/0 – до іншої (з решти) колії згідно з 8.3.2 (10) та 8.3.3 (6).

Примітка. Застосовувати SW/2 не потрібно, якщо $\alpha \geq 1,33$ та якщо враховують значення часткових коефіцієнтів ($\gamma_Q = 1,45$ для LM71 «+» SW/0 та $\gamma_Q = 1,20$ для SW/2) згідно з таблицею A.2.4(B) EN 1990:2023.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

Зазначене вище посилання на таблицю A.2.4(B) в EN 1990:2023 є помилковим, оскільки такого варіанту таблиці не існує, а наявна таблиця A.2.4 в EN 1990:2023 містить іншу інформацію. У додатку A EN 1990:2023 відповідною варто вважати таблицю A.2.10 (NDP), яка містить зазначені вище часткові коефіцієнти для відповідних груп дій

8.3.4 Модель навантаги «ненавантаженого потяга»

(1) Для спеціального перевіряння використовують модель навантаги, спричиненої «ненавантаженим потягом».

Примітка. Спеціальні перевіряння визначено в A.2.6.6.3(2) та таблиці A.2.9 EN 1990:2023.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

Зазначене вище посилання на A.2.6.6.3(2) EN 1990:2023 є

помилковим, оскільки такого пункту не існує. У додатку А EN 1990:2023 відповідним варто посиланням вважати А.2.7.6.3(2), зміст якого узгоджується з підпунктом (1) та приміткою щодо застосування моделі навантаги від «ненавантаженого потяга» для перевіряння поперечної стійкості конструкції.

(2) Модель навантаги від «ненавантаженого потяга» подають як вертикальну рівномірно розподілену навантагу, характеристичне значення якої дорівнює 10 кН/м.

(3) Щоб визначити найбільш несприятливі ефекти навантаги, застосовуючи модель навантаги «ненавантажений потяг»:

– до залізничної колії на будь-якій кількості відтинків за довжиною має бути застосовано рівномірно розподілену навантагу, q_{vk} ;

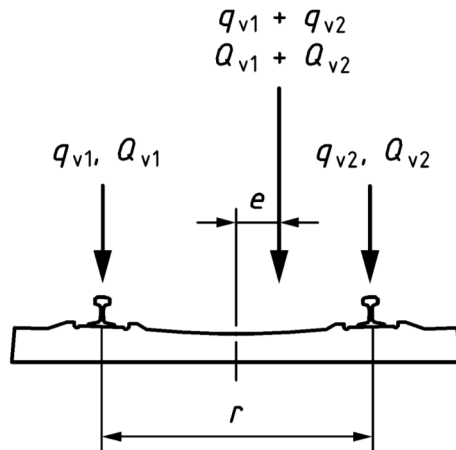
– модель навантаги від «ненавантаженого потяга» має бути застосовано лише до будь-якої однієї залізничної колії.

8.3.5 Ексцентриситет вертикальних навантаг (моделі навантаги 71 та SW/0)

(1) Ефект поперечного переміщення вертикальних навантаг у разі застосування моделей навантаги 71 та SW/0 потрібно розглядати, прийнявши співвідношення між навантаженням рейок на будь-якій залізничній колії як 1,25:1,00. Підсумковий ексцентриситет e показано на рисунку 8.3.

Примітка. Вимоги щодо розташування та врахування допуску на розташування колій викладено у 8.8.1.

(2) Розглядаючи втому, ексцентриситет вертикальних навантаг допустимо не враховувати.



$$q_{v1}, q_{v2}, Q_{v1}, Q_{v2} = (1)$$

$$q_{v1} + q_{v2}, Q_{v1} + Q_{v2} = (2)$$

$$q_{v1}, q_{v2}, Q_{v1}, Q_{v2} = (1)$$

$$q_{v2} / q_{v1}, Q_{v2} / Q_{v1} = 1,25$$

$$e \leq r/18$$

$$r = (3)$$

Умовні позначки:

(1) рівномірно розподілена навантага та прикладені в певних точках навантаги на кожній рейці, якщо застосовно;

(2) LM71 (та SW/0, за потреби);

(3) поперечна відстань між колісними навантагами

Рисунок 8.3 – Ексцентриситет вертикальних навантаг

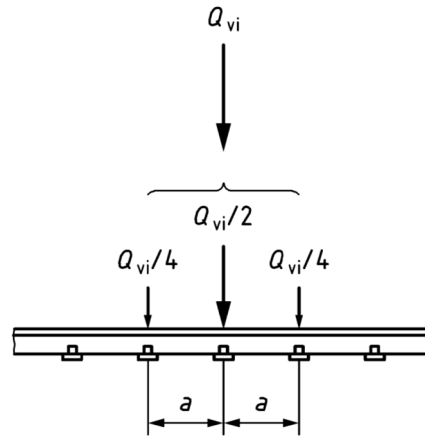
8.3.6 Розподіл прикладених у певних точках чи осьових навантаг між рейками, шпалами та баластом

8.3.6.1 Загальні положення

(1) Розподіл прикладених у певних точках чи осьових навантаг між рейками, шпалами та баластом визначають відповідно до 8.3.6.2–8.3.6.4, застосовуючи конфігурації «реального потяга», «потяга, що спричиняє втомлювальну навантагу», моделей навантаги 71, SW/0, SW/2, «ненавантаженого потяга» та HSLM, якщо не зазначено інше.

8.3.6.2 Розподіл рейкою у поздовжньому напрямку навантаги, прикладеної в певних точках, чи колісної навантаги

(1) Прикладену в певній точці навантагу в конфігурації моделі навантаги 71 (або класифіковану вертикальну навантагу згідно з 8.3.2(3), за потреби) та HSLM (за винятком HSLM-B) або колісну навантагу допустимо розглядати як розподілену між трьома точками опорних елементів рейки, як показано на рисунку 8.4:



Умовні позначки:

Q_{vi} – навантага, прикладена в певних точках до кожної рейки, спричинена конфігурацією моделі навантаги 71, або колесом «реального потяга» згідно з 8.3.5, «потяга, що спричиняє втомлювальну навантагу» чи HSLM (за винятком HSLM-B);

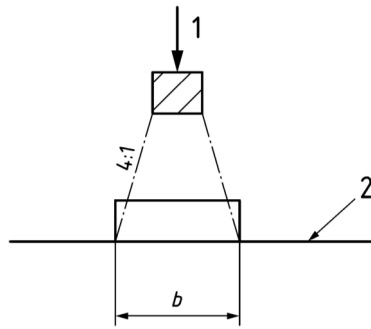
a – відстань між точками опорних елементів рейки.

Рисунок 8.4 – Поздовжній розподіл рейкою навантаги, прикладеної в певних точках, чи колісної навантаги

8.3.6.3 Розподіл навантаги між шпалами та баластом у поздовжньому напрямку

(1) Прикладені у певних точках навантаги лише у конфігурації моделі навантаги 71 (або класифікованої вертикальної навантаги згідно з 8.3.2(3), за потреби) або осьові навантаги допустимо розглядати як рівномірно розподілені в поздовжньому напрямку (за винятком ситуацій, у яких ефекти від місцевої навантаги є суттєвими, наприклад, у разі локального розрахунку елементів мостового полотна тощо).

(2) У разі локального розрахунку елементів настилу (наприклад, поздовжніх і поперечних ребер, поздовжніх рейкових балок, поперечних балок, плит настилу, тонких бетонних плит тощо) враховують поздовжній розподіл у зоні під шпалами, як показано на рисунку 8.5.



Умовні позначки:

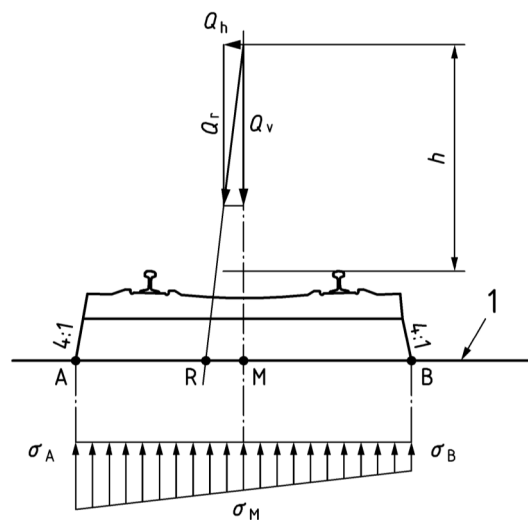
1 – навантага на шпалу;

2 – базова площина, визначена як зовнішня поверхня мостового полотна, що тримає баласт

Рисунок 8.5 – Розподіл навантаги між шпалою і баластом у поздовжньому напрямку

8.3.6.4 Розподіл дій шпалами та баластом у поперечному напрямку

(1) На мостах із залізничною колією на баласті без скосу дії розглядають як розподілені в поперечному напрямку згідно з рисунком 8.6.



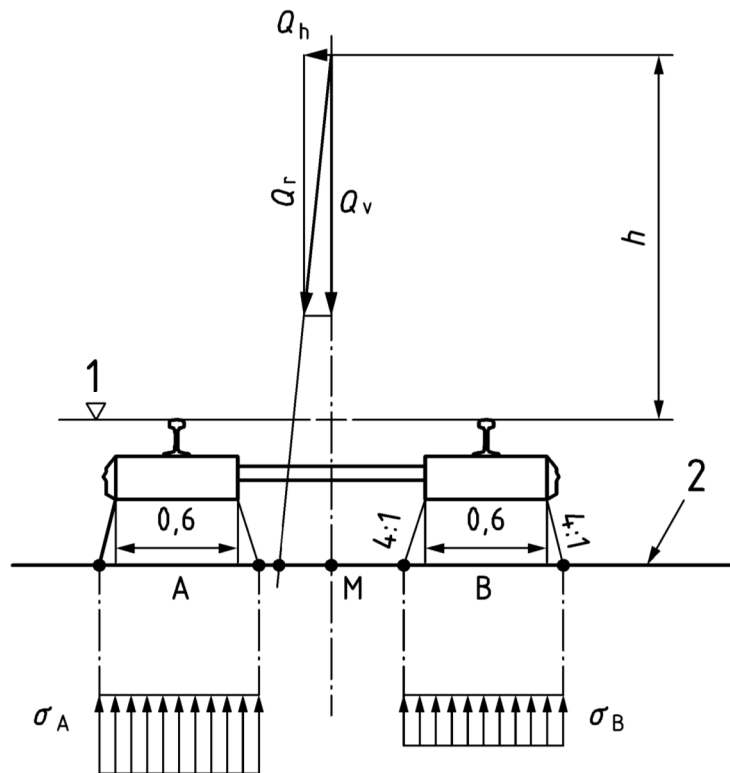
Умовні позначки:

1 – базова площина

Рисунок 8.6 – Розподіл дій шпалами та баластом у поперечному напрямку залізничної колії, прокладеної на баласті без скосу (ефект ексцентриситету вертикальних навантаж не показано)

(2) На мостах із залізничними коліями на баласті без скосу, на яких застосовано шпали з повномірною довжиною, а баласт укріплено лише під рейками, або на яких застосовано здвоєні блокові шпали, розглядають дії, що розподіляються в поперечному напрямку згідно з рисунком 8.7.

Розміри в метрах



Умовні позначки:

1 – поверхня кочення;

2 – базова площина

Рисунок 8.7 – Розподіл дій шпалами та баластом у поперечному напрямку залізничної колії, прокладеної на баласті без скосу (ефект ексцентриситету вертикальних навантаж не показано)

(3) На мостах із залізничною колією, прокладеною на баласті зі скосом, розглядають дії, розподілені у поперечному напрямку згідно з рисунком 8.8.

8.3.7 Дії на проходи для службового використання

(1) Навантаги на проходи для службового використання (охоплюючи навантаги від руху пішоходів, велосипедистів та пов'язані з технічним обслуговуванням) подають як рівномірно розподілену навантагу з характеристичним значенням $q_{fk} = 5 \text{ кН/м}^2$.

Примітка. Проходи для службового використання – це доріжки, призначені для використання лише уповноваженими особами.

(2) У локальному розрахунку елементів ураховують зосереджену навантагу $Q_k = 2,0 \text{ кН}$, що діє окремо, та розглядають її як прикладену до ділянки поверхні квадратної форми зі стороною 200 мм.

(3) Прикладені до парапетів, ненесних стін і бар'єрів горизонтальні сили, спричинені діями людей, визначають як відповідні до категорій В та С1 згідно з 6.6 EN 1991-1-1.

(4) Альтернативні вимоги щодо проходів для службового використання, доріжок для технічного обслуговування чи платформ тощо встановлює компетентний орган влади або, якщо він їх не встановив, їх узгоджують для конкретного проекту відповідні сторони-учасники.

Примітка. Альтернативні вимоги щодо проходів для службового використання, доріжок для технічного обслуговування чи платформ тощо може бути встановлено в Національному додатку.

8.4 Динамічні ефекти (охоплюючи резонанс)

8.4.1 Загальні положення

(1) Для визначення ефектів (напружень, прогинів, прискорення мостового настилу тощо), спричинених діями внаслідок руху залізничного транспорту, потрібно враховувати:

– інтенсивність зростання навантаження, пов'язаного зі швидкістю руху транспорту, що проїжджає по конструкції, та інерційну реакцію конструкції (ударний вплив);

– проходження послідовних навантаг із приблизно рівномірним інтервалом, які можуть спричиняти збурення (коливань) конструкції та за певних обставин створювати резонанс;

– змінюваність колісних навантаг унаслідок недосконалостей залізничної колії чи транспортного засобу (охоплюючи нерівності коліс).

Примітка. Статичні напруження і деформації (та пов'язане з цим прискорення мостового настилу), що виникають у конструкціях моста, збільшуються і зменшуються внаслідок руху транспорту і спричинені вищезазначеними ефектами.

8.4.2 Чинники, що впливають на динамічну поведінку

(1) Динамічні ефекти враховують відповідно до 8.4.3–8.4.6.

Примітка 1. На динамічну поведінку впливають такі основні чинники:

- i) швидкість руху транспорту, що проїжджає по мосту;
- ii) прогін L елемента та довжина лінії впливу, яку враховують для оцінювання прогину розглядуваного елемента;
- iii) маса конструкції;
- iv) власна частота коливань конструкції загалом та розглядуваних елементів конструкції, а також пов'язані з нею форми коливань (власні форми) вздовж осі залізничної колії;
- v) кількість осей, осьові навантаги та відстань між осями;
- vi) демпфування конструкції;
- vii) нерівності профілю колії у вертикальній площині,
- viii) невідресорена/відресорена маса та характеристики підвіски транспортного засобу;

ix) наявність розташованих через рівномірні інтервали опор плити настилу та/або залізничної колії (поперечних балок, шпал тощо);

x) недосконалості транспортних засобів (колеса з проколами, нескруглені колеса, дефекти підвіски тощо);

xi) динамічні характеристики залізничної колії (баласт, шпали, компоненти колії тощо).

Примітка 2. У цьому стандарті не зазначено обмежень допустимих прогинів, щоб уникнути резонансу та надмірної вібрації. Стосовно критеріїв оцінювання прогинів з точки зору безпеки дорожнього руху, комфорту пасажирів тощо див. A.2.8.4 EN 1990:2023.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

Зазначене вище і далі у тексті цього стандарту посилання на A.2.8.4 EN 1990:2023 є помилковим, оскільки такого пункту не існує. У додатку А EN 1990:2023 відповідним пунктом варто вважати А.2.9, у якому розглянуто критерії безпеки дорожнього руху й комфорту пасажирів.

8.4.3 Загальні правила проєктування

(1) Статичний розрахунок потрібно виконувати, використовуючи моделі навантаги, визначені у 8.3 (LM71 та, за потреби, SW/0 та SW/2). Результати статичного розрахунку потрібно помножити на коефіцієнт динамічного посилення Φ , визначений у 8.4.5 (а також, за потреби, на коефіцієнт α згідно з 8.3.2).

(2) Динамічний розрахунок виконують, якщо дотримано критеріїв згідно з 8.4.4.

(3) Якщо потрібен динамічний розрахунок:

– додаткові сполучення навантаг для динамічного розрахунку мають відповідати 8.4.6.1.2;

– максимальне пікове прискорення мостового настилу має бути перевірено відповідно до 8.4.6.5;

– результати динамічного розрахунку потрібно порівняти з результатами статичного розрахунку, помноженими на коефіцієнт динамічного посилення Φ згідно з 8.4.5 (та, за потреби, на коефіцієнт α згідно з 8.3.2); для проєктування моста має бути використано найнесприятливіші значення ефектів навантаги відповідно до 8.4.6.5;

– має бути виконано перевіряння згідно з 8.4.6.6 для підтвердження того, що додаткове втомлювальне навантаження за високих швидкостей та появи резонансу враховано уведенням до розрахунку напружень, отриманих із результатів статичного розрахунку, помножених на коефіцієнт динамічного посилення Φ ;

Примітка. Для пасажирських потягів допуски на зазначені в 8.4.3–8.4.6 динамічні ефекти є дійсними за максимальних допустимих швидкостей транспортних засобів до 350 км/год.

(4) Усі мости, на яких максимальна лінійна швидкість руху на ділянці перевищує 200 км/год або для яких потрібен динамічний розрахунок, також мають бути запроєктовані з дотриманням відповідності умовам статичного розрахунку та використанням моделей навантаги, визначених у 8.3.2 та 8.3.3 (за потреби), із множенням результатів на коефіцієнт динамічного посилення, зазначений у 8.4.5.

(5) Усі мости, на яких максимальна лінійна швидкість руху на ділянці перевищує 200 км/год або для яких потрібен динамічний розрахунок, мають бути запроєктовані з дотриманням відповідності вимогам щодо характеристичних значень у конфігурації моделі навантаги 71 (та, за потреби, SW/0) або класифікованих вертикальних навантаж із застосуванням $\alpha \geq 1$ згідно з 8.3.2.

8.4.4 Умови, за яких потрібен динамічний розрахунок

(1) Потребу виконання динамічного розрахунку має бути встановлено.

Примітка. Якщо Національний додаток не містить інших вимог, дотримують умови для визначення потреби виконання динамічного розрахунку, які зазначено на рисунку 8.9.

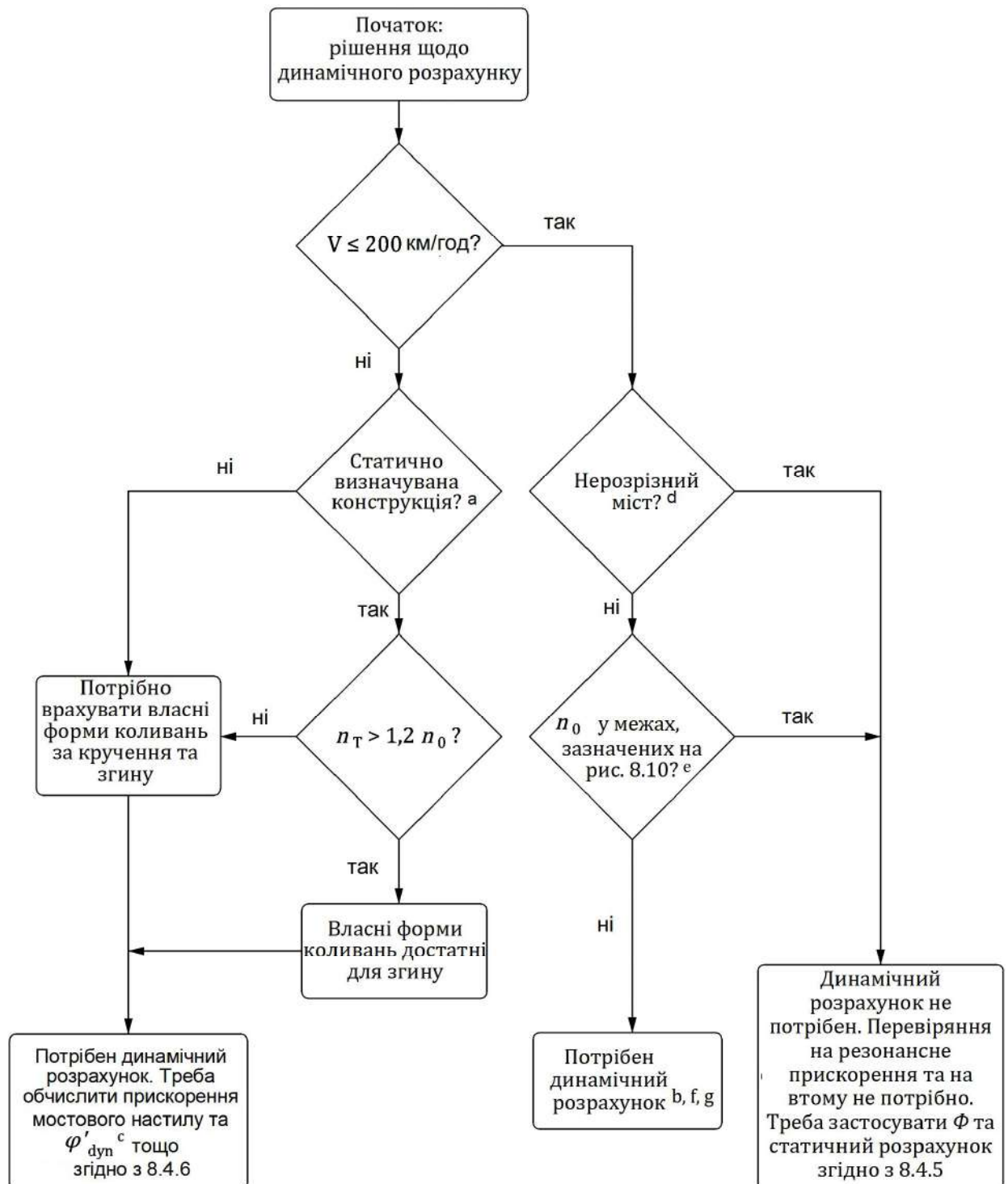


Рисунок 8.9 – Блок-схема для визначення потреби виконання динамічного розрахунку

Умовні позначки:

V – максимальна лінійна швидкість руху на ділянці, км/год;

L – довжина прогону, м;

n_0 – перша власна частота згинальних коливань моста, підданого навантаженню від постійних дій, Гц. Для моста з вільно обертою прогоною будовою, підданого лише згину, власну частоту можна обчислити за формулою (8.1):

$$n_0 = \frac{17,75}{\sqrt{\delta_0}}, \text{ Гц}, \quad (8.1)$$

де

δ_0 – прогин посередині прогону, спричинений постійними діями, мм, який обчислено з використанням модуля короточасної (пружної) деформації, застосовного для залізобетонних чи сталезалізобетонних мостів, що залежить від періоду навантаження, відповідного власній частоті моста;

n_T – перша власна частота крутильних коливань моста, підданого навантаженню від постійних дій, Гц.

^a Дійсно для мостів із вільно обертими прогоновими будовами, що мають лише поздовжню лінійну балку чи працюють за типом статично визначуваної пластини з незначним ефектом скосу і з жорстким обпиранням.

^b Динамічний розрахунок потрібен, якщо частота коливань, яка відповідає типовій експлуатаційній швидкості «реального потяга», дорівнює резонансній швидкості конструкції. Див. 8.4.6.6.

^c φ'_{dyn} – коефіцієнт динамічного посилення статичної навантаги від «реального потяга», визначений з результатів динамічного розрахунку конструкції згідно з 8.4.6.5(3).

^d Дійсно за умови, що міст відповідає вимогам щодо опору, допустимих деформацій згідно з А.2.8.4 EN 1990:2023 та максимального прискорення кузова залізничного вагона (або щодо пов'язаних із цим допустимих прогинів), які відповідають дуже хорошему рівню комфортності для пасажирів, зазначеному в А.2.8.4.3 EN 1990:2023.

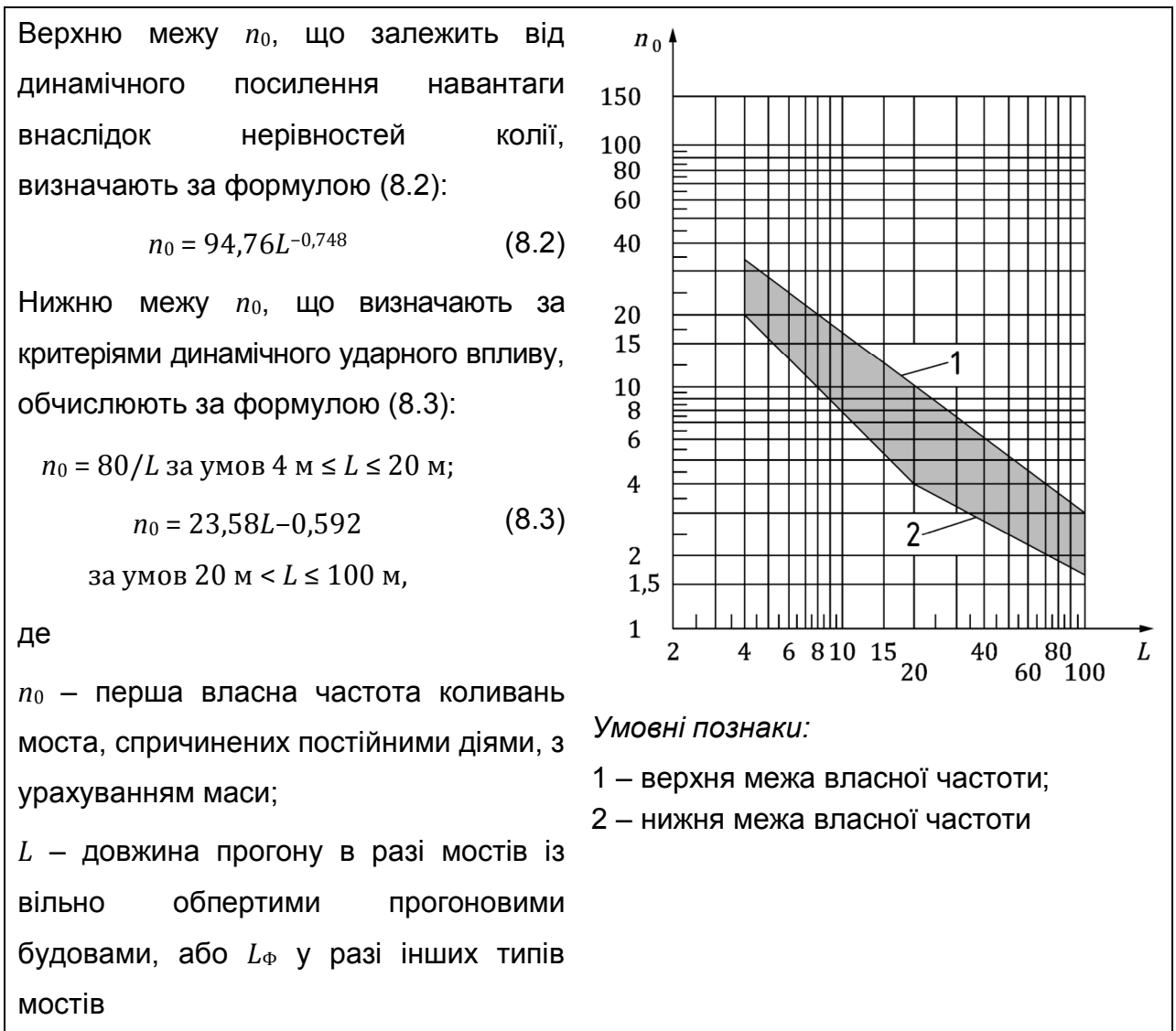
Рисунок 8.9 – аркуш 2

^e Для мостів із першою власною частотою n_0 в межах, зазначених на рисунку 8.10, та з максимальною лінійною швидкістю руху на ділянці, що не перевищує 200 км/год, динамічний аналіз не потрібен.

^f Для мостів із першою власною частотою n_0 , що перевищує верхню межу (1), зазначену на рисунку 8.10, передбачають виконання динамічного розрахунку згідно з додатком С. Якщо у динамічному розрахунку буде враховано чинники, зазначені в 8.4.2(1) у примітці 1 (i)–(xi), можна припустити, що резонанс не виникне.

^g Для мостів із першою власною частотою n_0 нижче межі (2), зазначеної на рисунку 8.10, виконують динамічний розрахунок для обчислення прискорення мостового настилу та φ'_{dyn}^c тощо згідно з 8.4.6. Див. також 8.4.6.1.1(7).

Рисунок 8.9 – аркуш 3

Рисунок 8.10 – Межі власної частоти коливань моста, n_0 (Гц), як функція L (м)

8.4.5 Коефіцієнт динамічності Φ (Φ_2 , Φ_3)

8.4.5.1 Область застосовних значень

(1) Результати статичного розрахунку потрібно помножити на коефіцієнт динамічного посилення Φ у конфігурації моделей навантаги 71, SW/0 та SW/2.

Примітка. Коефіцієнт Φ призначений для врахування динамічного посилення напружень та ефектів коливань конструкції, однак він не враховує резонанс та інші надмірні динамічні ефекти.

(2) Якщо зазначених у 8.4.4 критеріїв не дотримано, потрібно виконати динамічний розрахунок, щоб обчислити ефекти, спричинені ударним впливом і резонансом.

Примітка 1. Якщо зазначені в 8.4.4 критерії не дотримано, існує ризик виникнення резонансу чи надмірних коливань конструкції моста (з можливими надмірними прискореннями конструкції мостового полотна, що призводять до втрати стабільності баласту тощо, а також надмірних прогинів і напружень тощо).

Примітка 2. Квазістатичні методи, згідно з якими застосовують ефекти статичної навантаги, помножені на визначений у 8.4.5 коефіцієнт динамічного посилення Φ , не призначені для прогнозування ефектів резонансу внаслідок проїзду швидкісних потягів. Для прогнозування динамічних ефектів із виникненням резонансу потрібно застосовувати відповідні методи динамічного розрахунку, згідно з якими розглядають залежність навантаги від часу у конфігурації моделі навантаги від руху швидкісних потягів (*High Speed Load Model; HSLM*), а також «реальних потягів» (наприклад, розв'язуючи рівняння руху).

(3) Конструкції, які сприймають навантаження від більш ніж одної колії, розглядають, не зменшуючи коефіцієнт динамічного посилення Φ .

(4) Коефіцієнт динамічного посилення Φ не треба застосовувати до:

– навантаження, спричиненого «реальними потягами»;

– навантаження внаслідок проїзду потягів, що спричиняють втому (додаток D);

- моделі навантаги HSLM (8.4.6.1.1(2));
- моделі навантаги від «ненавантаженого потяга» (8.3.4).

8.4.5.2 Визначення коефіцієнта динамічного посилення Φ

(1) Коефіцієнт динамічного посилення Φ має бути визначений як Φ_2 чи Φ_3 згідно з умовами, які встановлює компетентний орган влади або узгоджують для конкретного проекту відповідні сторони-учасники. Якщо коефіцієнт динамічного посилення не визначено, треба використовувати Φ_3 .

Примітка. Умови для обрання Φ_2 чи Φ_3 може бути встановлено в Національному додатку.

(2) Коефіцієнт Φ_2 визначають за формулою (8.4).

Примітка 1. Φ_2 застосовують у разі ретельно обслуговуваної залізничної колії:

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82 \quad (8.4)$$

за умови $1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$,

де

L_Φ – «визначальна» довжина (довжина, пов'язана з Φ), у метрах (див. 8.4.5.4).

Примітка 2. Коефіцієнти динамічного посилення було встановлено для вільно обпертих балок. Довжина L_Φ надає змогу використовувати ці коефіцієнти для інших конструкційних елементів за різних конструктивних конфігурацій.

(3) Коефіцієнт Φ_3 визначають за формулою (8.5).

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,73 \quad (8.5)$$

за умови $1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$,

де

L_Φ – «визначальна» довжина (довжина, пов'язана з Φ), у метрах (див. 8.4.5.4).

Примітка. Коефіцієнт Φ_3 застосовують до залізничної колії зі стандартним технічним обслуговуванням та до деяких типів конструкційних елементів, визначених у таблиці 8.2 (NDP).

8.4.5.3 Приведені динамічні ефекти

(1) У разі аркових мостів і залізобетонних мостів усіх типів із висотою покриття понад 1,00 м допустимо використовувати приведені значення Φ_2 та Φ_3 , отримані за допомогою формули (8.6):

$$\text{red}\Phi_{2,3} = \Phi_{2,3} - \frac{h - 1,00}{10} \geq 1,0, \quad (8.6)$$

де

h – висота покриття, охоплюючи баласт, виміряна від верху (плити) настилу до верху шпали (у разі аркових мостів – від вершини зовнішньої поверхні арки), у метрах.

(2) Динамічні ефекти допустимо не враховувати, обчислюючи ефекти дій від руху залізничного транспорту на такі типи елементів:

- колони, гнучкість яких (розрахункова довжина/радіус інерції) становить менше 30;
- берегові опори;
- фундаменти;
- опорні частини з еластомерним компонентом (еластомерні та стаканні опорні частини);
- підпірні стіни,
- тиск ґрунту.

8.4.5.4 Визначальна довжина L_Φ

(1) Установлюють визначальну довжину L_Φ .

Примітка. Якщо в Національному додатку не зазначено іншого, застосовують значення L_Φ із таблиці 8.2 (NDP).

(2) Якщо значення L_{Φ} не вказано в таблиці 8.2 (NDP) чи в Національному додатку, то визначальну довжину приймають як довжину лінії впливу, за якої визначають прогин розглядуваного елемента, за винятком ситуації, у якій компетентний орган влади встановив альтернативні значення, або, якщо він їх не встановив, то їх погодили для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

Примітка. У разі асиметричних ліній впливу альтернативні вимоги може бути встановлено в Національному додатку.

(3) Якщо інтегральне напруження в конструкційному елементі залежить від кількох ефектів, кожен з яких пов'язаний з окремою конструкційною поведінкою, то кожний такий ефект розраховують із використанням відповідної визначальної довжини.

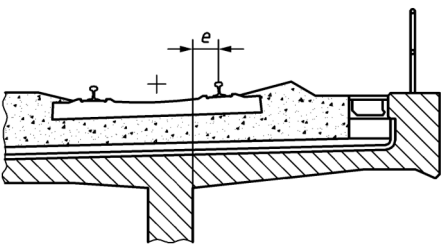
Таблиця 8.2 (NDP) – Визначальна довжина L_{Φ}

Опис ситуації	Конструкційний елемент	Визначальна довжина L_{Φ}^c
Сталева плита настилу: закрита плита мостового полотна з баластним шаром (ортотропна плита настилу) (у разі місцевих та поперечних напружень)		
1.1	Настил із поперечними балками і нерозрізними поздовжніми ребрами: Плита настилу (в обох напрямках)	Помножений на 3 інтервал між поперечними балками
1.2	Нерозрізні поздовжні ребра (охоплюючи невеликі консолі до 0,50 м) ^a	Помножений на 3 інтервал між поперечними балками
1.3	Поперечні балки	Помножений на 2 інтервал між поперечними балками
1.4	Кінцеві поперечні балки	3,6 м ^b

Продовження таблиці 8.2 (NDP)

Опис ситуації	Конструкційний елемент	Визначальна довжина L_{Φ}^c
	Плита настилу тільки з поперечними балками:	
2.1	Плита настилу (в обох напрямках)	Помножений на 2 інтервал між поперечними балками + 3 м
2.2	Поперечні балки	Помножений на 2 інтервал між поперечними балками + 3 м
2.3	Кінцеві поперечні балки	3,6 м ^b
Сталева ґратка: відкрите мостове полотно без баластного шару (у разі місцевих і поперечних напружень)		
3.1	Поздовжні рейкові балки: – як елемент нерозрізної ґратки; – вільно обперті	Помножений на 3 інтервал між поперечними балками. Інтервал між поперечними балками + 3 м
3.2	Консоль поздовжньої рейкової балки ^a	3,6 м ^b
3.3	Поперечні балки (частини поперечної балки/нерозрізної ґратки рейкових балок)	Помножений на 2 інтервал між поперечними балками
3.4	Кінцеві поперечні балки	3,6 м ^b
Залізобетонна плита настилу з баластним шаром (у разі місцевих і поперечних напружень)		
4.1	Плита настилу як частина коробчастої балки чи верхній пояс головної балки: – прогін упоперек напрямку головних балок – прогін у поздовжньому напрямку – поперечні балки	Помножений на 3 прогін плити настилу Помножений на 3 прогін плити настилу Помножений на 2 інтервал між поперечними балками

Продовження таблиці 8.2 (NDP)

Опис ситуації	Конструкційний елемент	Визначальна довжина L_{Φ}^c
	– поперечні консолі, що сприймають навантаження внаслідок залізничного руху	 – $e \leq 0,5$ м: помножена на 3 відстань між стінками (балки); – $e > 0,5$ м^a Рисунок 8.11 – Поперечна консоль, що сприймає навантаження від залізничного руху
4.2	Плита настилу нерозрізна (у напрямку головної балки) над поперечними балками	Помножений на 2 інтервал між поперечними балками
4.3	Плита настилу для мостів із проїзною частиною посередині ферми та напівпрохідних (з U-подібною рамною системою) мостів: – прогін перпендикулярно до головних балок; – прогін у поздовжньому напрямку	Помножений на 2 прогін плити настилу + 3 м Помножений на 2 прогін плити настилу
4.4	Плити настилу, що проходять у поперечному напрямку між поздовжніми сталевими балками в балкових настилах	Помножена на 2 визначальна довжина в поздовжньому напрямку
4.5	Поздовжні консолі плити настилу	– $e \leq 0,5$ м: $3,6 \text{ м}^b$ – $e > 0,5$ м ^a
4.6	Кінцеві поперечні балки чи ригелі	$3,6 \text{ м}^{b, d}$

Продовження таблиці 8.2 (NDP)

Опис ситуації	Конструкційний елемент	Визначальна довжина L_{Φ}^c								
Головні балки										
5.1	Вільно обперті балки та плити (охоплюючи закладені в бетон сталеві балки)	Прогін у напрямку головної балки								
5.2	Балки та плити нерозрізні, що мають n прогонів за умов: $L_m = 1/n (L_1 + L_2 + .. + L_n) \quad (8.8)$	$L_{\Phi} = k \times L_m, \quad (8.7)$ але щонайменше $\max L_i (i=1, ..., n)$ <table><tr><td>$n=2$</td><td>3</td><td>4</td><td>≥ 5</td></tr><tr><td>$k=1,2$</td><td>1,3</td><td>1,4</td><td>1,5</td></tr></table>	$n=2$	3	4	≥ 5	$k=1,2$	1,3	1,4	1,5
$n=2$	3	4	≥ 5							
$k=1,2$	1,3	1,4	1,5							
5.3	Портальні та замкнені рамні системи чи коробчасті балкові системи: – однопрогонові – багатопрогонові	Розглядають як трьохпрогонову нерозрізну балку (застосовують 5.2 та значення вертикальної і горизонтальної довжини елементів рами/коробчастої системи) Розглядають як багатопрогонову нерозрізну балку (застосовують 5.2 та значення довжини кінцевих вертикальних і горизонтальних елементів)								
5.4	Окрема арка, ребро склепіння, підкріплені зтяжки арки (нижні пояси аркової ферми)	Напівпрогін								
5.5	Кілька арок із суцільними перемичками, що утримують заповнення	Помножений на 2 розмір просвіту отвору								
5.6	Підвісні стрижневі системи (у поєднанні з балками жорсткості)	Помножений на 4 інтервал, виміряний у поздовжньому напрямку між підвісними стрижнями								

Кінець таблиці 8.2 (NDP)

Опис ситуації	Конструкційний елемент	Визначальна довжина L_{Φ}^c
Конструкційні опори		
6	Колони, естакади, опорні частини, підймальні опорні частини, натягувальні анкерні пристрої, та у разі розрахунку контактного тиску під опорними частинами.	Визначальна довжина підтримуваних елементів
^a У загальній ситуації, всі консолі заввишки понад 0,50 м, що сприймають дії від залізничного руху, потребують спеціального динамічного розрахунку відповідно до 8.4.6. ^b Рекомендовано застосовувати Φ_3. ^c У ситуаціях за номерами від 1.1 по 4.6 включно L_{Φ} залежить від максимальної визначальної довжини головних балок. ^d Це правило застосовне також до інших типів конструкцій (наприклад, прокатних сталевих балок у залізобетоні, сталезалізобетонних конструкцій, попередньо напруженого залізобетону)		

8.4.6 Динамічний розрахунок**8.4.6.1 Навантаження та комбінації навантаг****8.4.6.1.1 Навантаження**

(1) Динамічний розрахунок має бути проведено з використанням характеристичних значень навантаження, спричиненого зазначеними «реальними потягами».

(2) «Реальні потяги», які застосовуватимуть у динамічному розрахунку конструкції, має визначити компетентний орган влади або мають узгодити для конкретного проєкту відповідні сторони учасники з урахуванням:

– кожної допустимої чи передбаченої форми потяга щодо кожного типу швидкісного потяга, для якого допустимо чи передбачено проїзд по конструкції із швидкістю понад 200 км/год;

– потреби виконання динамічного розрахунку за умов максимальної лінійної швидкості руху на ділянці, що дорівнює чи становить менше 200 км/год, з урахуванням «реальних потягів» і типів потягів 1–12 згідно з додатком D.

Примітка. Умови для застосування «реальних потягів» може бути встановлено в Національному додатку.

(3) Характеристичні значення осьових навантаж від «реальних потягів» потрібно визначати, ґрунтуючись на «Розрахунковій масі транспортного засобу за нормальної корисної навантаги», яку визначено в EN 15663.

(4) Характеристичні значення осьової навантаги та міжосьові відстані щодо кожної потрібної конфігурації «реальних потягів» може визначити компетентний орган влади чи можуть узгодити для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

Примітка. Характеристичні значення осьової навантаги та міжосьові відстані, застосовні до конфігурацій «реальних потягів», може бути встановлено в Національному додатку.

(5) Динамічний розрахунок потрібно проводити також із використанням моделі навантаги HSLM до мостів, які проєктують для залізничних ліній, до яких застосовують критерії сумісності швидкісних залізничних систем країн Європейського Союзу.

Примітка. Умови застосування моделі навантаги HSLM може бути встановлено в Національному додатку.

(6) Модель навантаги HSLM складається з двох окремих «універсальних потягів» (уніфікованого рухомого складу) зі змінною довжиною вагонів, HSLM-A та HSLM-B, які застосовують із дотриманням вимог таблиці 8.3 (NDP).

Примітка. Конфігурації HSLM-A та HSLM-B разом імітують динамічні ефекти від навантаги зчленованих звичайних потягів та швидкісних пасажирських потягів

стандартизованого типу. Обмеження щодо застосовності HSLM зазначено в додатку Е.

(7) Додаткові вимоги щодо застосування HSLM-A та HSLM-B до нерозрізних і складених конструкцій може визначити відповідний орган влади чи можуть узгодити для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

Примітка. Додаткові вимоги щодо застосування HSLM-A та HSLM-B до нерозрізних і складених конструкцій може бути встановлено в Національному додатку.

Таблиця 8.3 (NDP) – Застосування HSLM-A та HSLM-B

Конструкційна конфігурація	Прогін	
	$L < 7$ м	$L \geq 7$ м
Однопрогонова конструкція із вільним обпиранням кінців ^a	HSLM-A Потяги від A1 до A10 включно ^c чи HSLM-B ^b	HSLM-A Потяги від A1 до A10 включно ^c
Нерозрізна конструкція ^a чи складена конструкція ^d	HSLM-A Потяги від A1 до A10 включно ^c (HSLM-B) ^e	HSLM-A Потяги від A1 до A10 включно ^c (HSLM-B) ^e

^a Дійсні для мостів із лише повздовжніми лінійними балками чи вільно обпертою плитою зі статично визначуваною поведінкою, із невеликим скосом, ефектами від якого на жорстких опорах можна знехтувати.

^b У разі вільно обпертих прогонів завдовжки до 7 м для розрахунку може бути використано будь-який «універсальний потяг», що спричиняє критичну навантагу, в конфігурації HSLM-B відповідно до 8.4.6.1.1(9).

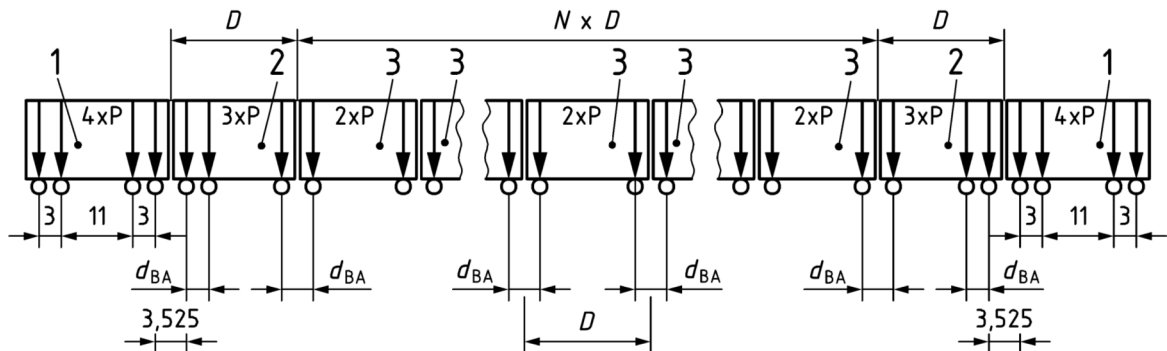
^c Для розрахунку використовують усі потяги від A1 до A10 включно.

^d Будь-яка конструкція, яка не відповідає примітці ^a вище. Наприклад, конструкція косого моста, міст із суттєвими крутильними властивостями поведінки, конструкція напівпрохідного (з U-подібною рамною системою) моста із суттєвою схильністю до коливань перекриття та головної балки тощо.

^e Крім того, HSLM-B застосовують також до складених конструкцій із суттєвою схильністю до коливань перекриття (наприклад, напівпрохідних мостів або мостів із невеликим завтовшки перекриттям та з проїзною частиною посередині ферми).

(8) Конфігурацію HSLM-A має бути визначено згідно з рисунком 8.12 та таблицею 8.4:

Розміри в метрах



Умовні позначки:

1 – силовий вагон (передній тяговий та задній штовхальний вагони є ідентичними);

2 – кінцевий вагон (вагони, з яких керують потягом, передній та задній є ідентичними);

3 – проміжний (пасажирський) вагон

Рисунок 8.12 – HSLM-A

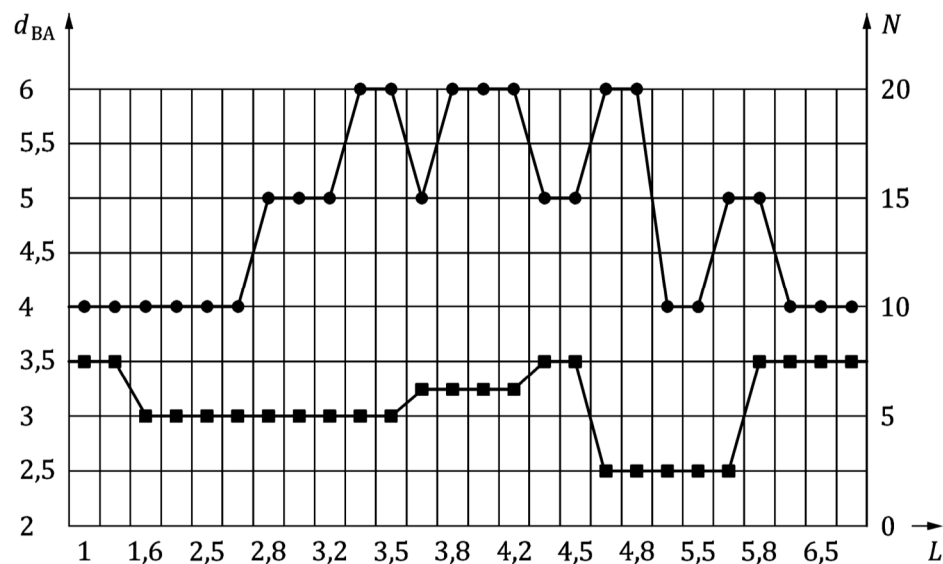
Таблиця 8.4 – HSLM-A

Універсальний потяг	Кількість проміжних вагонів, N	Довжина вагона, D м	Відстань між осями колісних пар візка, d_{BA} , м	Сила в точці прикладання, 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

(9) Конфігурацію HSLM-B має бути визначено як таку, що складається з N сил по 170 кН кожна, прикладених у точках, розташованих із постійним інтервалом d_{BA} , в метрах, де N та d_{BA} визначають згідно з рисунками 8.13 та 8.14:



Рисунок 8.13 – HSLM-B



Умовні позначки:

L – довжина прогону, в метрах;

■ – d_{BA} , в метрах;

● – N

Рисунок 8.14 – HSLM-B (номограма)

8.4.6.1.2 Комбінації навантаг і часткові коефіцієнти для динамічного розрахунку

(1) Застосовуючи значення маси для обчислення власної ваги та змінних постійних навантаг (баласту тощо), використовують номінальні значення густини.

(2) У разі динамічного розрахунку конструкції лише з одною чи двома залізничними коліями, по яких потяги зазвичай рухаються в протилежних напрямках, одну (найбільш несприятливу) колію на конструкції розглядають як навантажену згідно з таблицею 8.5 (NDP).

(3) Стосовно ситуацій, не охоплених у таблиці 8.5 (NDP), навантаження визначає відповідний орган влади або узгоджують для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники. До таких ситуацій відносять:

– мости з двома залізничними коліями, по яких потяги зазвичай рухаються в одних і тих самих напрямках;

– мости з трьома чи більше залізничними коліями, з максимальною лінійною швидкістю руху на ділянці, що перевищує 200 км/год.

Примітка. Вимоги щодо навантаження для динамічного розрахунку, які не зазначено в таблиці 8.5 (NDP), може бути встановлено в Національному додатку.

Таблиця 8.5 (NDP) – Зведений перелік додаткових сполучень навантаг залежно від кількості колій на мосту

Кількість залізничних колій на мосту	Навантажена колія	Навантаження для динамічного розрахунку
1	одна	Кожний «реальний потяг» та модель навантаги HSLM (за потреби), за умов руху в допустимому(их) напрямку(ах)
2 (потяги зазвичай рухаються у протилежних напрямках)	будь-яка колія	Кожний «реальний потяг» та модель навантаги HSLM (за потреби), за умов руху в допустимому(их) напрямку(ах)
	інша колія	Немає

(4) Якщо ефекти навантаги, отримані з динамічного розрахунку, перевищують ефекти у конфігурації моделі навантаги 71 (та моделі

навантаги SW/0 для нерозрізних конструкційних елементів і настилів) згідно з 8.4.6.5(3) з розрахунку на колію, то ефекти навантаги, отримані динамічним розрахунком, поєднують у комбінації з:

- ефектами навантаги від горизонтальних сил, прикладених до залізничної колії, яку розглядають як навантажену в динамічному розрахунку;

- ефектами від вертикального й горизонтального навантажень на іншу(і) колію(ї) відповідно до вимог 8.8.1 та таблиці 8.12

(5) Якщо ефекти навантаги, отримані як результат динамічного розрахунку, перевищують ефекти у конфігурації моделі навантаги 71 (та моделі навантаги SW/0 для нерозрізних конструкційних елементів і настилів) згідно з 8.4.6.5(3), то визначені динамічним розрахунком ефекти динамічного навантаження на рейку (згинальні моменти, поперечні сили, деформації тощо, за винятком прискорення) мають бути посилені застосуванням часткових коефіцієнтів, зазначених у таблиці A.2.10 EN 1990:2023.

(6) Часткові коефіцієнти не потрібно застосовувати до навантаження, зазначеного в 8.4.6.1.1, під час визначення прискорень мостового настилу. Обчислені значення прискорення потрібно безпосередньо порівняти з поданими в 8.4.6.5 розрахунковими значеннями.

(7) Розрахунок на втому моста виконують з уведенням додаткових спричинених втомою ефектів за умов резонансу внаслідок навантаження будь-якої залізничної колії згідно з 8.4.6.1.1. Див. 8.4.6.6.

8.4.6.2 Враховувані значення швидкості

(1) Максимальну лінійну швидкість руху на ділянці визначає компетентний органом влади або, якщо він її не визначив, то її узгоджують для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

Примітка. Критерії для визначення максимальної лінійної швидкості руху на ділянці може бути встановлено в Національному додатку.

(2) Збільшення максимальної лінійної швидкості руху на ділянці може визначити компетентний орган влади або можуть узгодити для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники з урахуванням потенційних змін залізничної інфраструктури та майбутнього рухомого складу.

Примітка. Критерії для збільшення максимальної лінійної швидкості руху на ділянці може бути встановлено в Національному додатку.

(3) Щодо кожної моделі «реальної потяга» та моделі навантаги HSLM має бути розглянуто низку значень швидкості, охоплюючи значення максимальної розрахункової швидкості.

(4) Обчислення виконують для низки значень швидкості від 33 м/с (120 км/год) до максимальної розрахункової швидкості.

(5) Наближаючись до резонансної швидкості, значення швидкості змінюють із меншим кроком (див. також (10)).

(6) Визначають щонайменше таку максимальну розрахункову швидкість: $1,2 \times$ максимальна лінійна швидкість руху на ділянці.

(7) Максимальну розрахункову швидкість для перевірення відповідності окремих «реальних потягів» допустимо зменшувати, як зазначено компетентним органом влади, або, якщо ним не зазначено, то узгоджено для конкретного проєкту відповідними сторонами-учасниками.

Примітка. Критерії щодо зниження максимальної розрахункової швидкості для окремих «реальних потягів» може бути встановлено в Національному додатку; наприклад, якщо максимальна швидкість транспортного засобу в окремій конфігурації «реального потяга» менша за максимальну лінійну швидкість руху на мосту.

(8) Поправковий коефіцієнт для збільшення максимальної розрахункової швидкості може визначити компетентний орган влади або, якщо він його не визначив, його можуть узгодити для конкретного проекту відповідні сторони-учасники, щоб врахувати ймовірність перевищення швидкості потяга й максимальної допустимої швидкості транспортного засобу чи поточної або передбачуваної максимальної лінійної швидкості руху на ділянці.

Примітка 1. Критерії для прийняття поправкового коефіцієнта збільшення максимальної розрахункової швидкості може бути встановлено в Національному додатку.

Примітка 2. Конструкції можуть демонструвати високі пікові характеристики внаслідок ефектів резонансу. Збільшену максимальну розрахункову швидкість може бути визначено для врахування ризику перевищення швидкості потяга.

(9) Якщо зазначено вимогу щодо придатності ділянки залізничної лінії для виконання приймальних випробувань із застосуванням «реального потяга», дотримують таких додаткових умов:

– для реального потяга використовують щонайменше таку максимальну розрахункову швидкість: $\beta \times$ максимальна швидкість потяга під час приймальних випробувань, де $\beta = 1,2$ для конструкційних зусиль і моментів та $\beta = 1,2$ для прогинів чи прискорень;

– потрібно виконати розрахунки, щоб продемонструвати, що міркування безпеки (максимальні прискорення мостового полотна, максимальні ефекти навантаги тощо) для конструкцій дотримано на задовільному рівні за швидкостей понад 200 км/год;

– відповідність критеріям втомної довговічності та комфорту пасажирів за швидкості, що перевищує значення « $1,2 \times$ максимальна швидкість потяга під час приймального випробування», перевіряти не потрібно;

– додаткові вимоги щодо перевіряння конструкцій може визначити компетентний орган влади або можуть узгодити для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

Примітка. Додаткові вимоги щодо перевіряння конструкцій, використовуваних для приймального випробування із застосуванням «реального потяга», може бути встановлено в Національному додатку.

(10) Для мостів із вільно обпертими прогоновими будовами, які можна подати у розрахунковій моделі як лінійну (однопрогонову) балку, резонансні швидкості можна визначити за формулою (8.9).

$$v_i = n_0 \lambda_i, \quad (8.9)$$

за умови

$$33 \text{ м/с} \leq v_i \leq \text{максимальна розрахункова швидкість},$$

де

v_i – резонансна швидкість;

n_0 – перша власна частота ненавантаженої конструкції;

λ_i – основна довжина хвилі, що відповідає частоті збурення, яку можна визначити за формулою (8.10):

$$\lambda_i = \frac{d}{i}, \quad (8.10)$$

d – постійний інтервал між групами осей;

i – дорівнює 1, 2, 3 або 4.

8.4.6.3 Параметри моста

8.4.6.3.1 Конструкційне демпфування

(1) У динамічному розрахунку враховують конструкційне демпфування.

Примітка. Пікова (резонансна) реакція конструкції за швидкостей руху, що відповідають резонансному навантаженню, суттєво залежить від демпфування.

(2) Оцінювання демпфування виконують лише за найменшою величиною (значенням нижньої границі).

3) У динамічному розрахунку застосовують значення демпфування із таблиці 8.6 (NDP) за винятком ситуації, в якій компетентний орган влади встановив альтернативні безпечні значення нижньої границі або, якщо він їх не встановив, то їх погодили для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

Примітка. Безпечні значення нижньої границі демпфування може бути встановлено в Національному додатку.

Таблиця 8.6 (NDP) – Значення демпфування, які враховують під час проєктування

Тип моста	Нижня відсоткова границя критичного демпфування, ζ , %	
	Прогін $L < 20$ м	Прогін $L \geq 20$ м
Сталевий і сталезалізобетонний	$\zeta = 0,5 + 0,125 (20 - L)$	$\zeta = 0,5$
Із попередньо напруженого залізобетона	$\zeta = 1,0 + 0,07 (20 - L)$	$\zeta = 1,0$
Залізобетонний з балковим настилом	$\zeta = 1,5 + 0,07 (20 - L)$	$\zeta = 1,5$

8.4.6.3.2 Маса моста

(1) Має бути розглянуто дві конкретні ситуації стосовно визначення маси конструкції, охоплюючи баласт і залізничну колію:

– оцінювання маси за нижньою границею для прогнозування максимальних прискорень мостового полотна з використанням найменшої можливої густини в сухому стані та найменшої товщини чистого баласту;

– оцінювання маси за верхньою границею для прогнозування найменших швидкостей, за яких імовірно виникнення ефектів резонансу, з використанням найбільшої густини брудного баласту в

насиченому водою стані з урахуванням можливості збільшення висоти залізничної колії.

Примітка 1. Максимальні ефекти динамічної навантаги ймовірно виникатимуть на піках резонансу, якщо збігається кратність частоти навантаження та власної частоти конструкції, і будь-яке недооцінювання маси призведе до переоцінки власної частоти конструкції та переоцінки швидкостей руху, за яких виникає резонанс.

Примітка 2. За резонансу максимальне прискорення конструкції є обернено пропорційним щодо маси конструкції.

(2) Густина матеріалів приймають згідно з EN 1991-1-1 за винятком ситуацій, у яких конкретні дані випробувань зазначив компетентний орган влади, або, якщо він їх не зазначив, то їх узгодили для конкретного проекту відповідні сторони-учасники.

Примітка 1. Вимоги щодо прийняття альтернативних значень густини може бути встановлено в Національному додатку.

Примітка 2. Через велику кількість параметрів, які можуть впливати на густину бетону, визначити підвищені значення густини для прогнозування динамічної реакції моста з достатньою точністю практично неможливо.

Примітка 3. Як альтернативні значення густини може бути застосовано результати, отримані підтвердженням відповідності проб сумішей та випробуванням взятих на будівельному майданчику зразків відповідно до EN 1990, EN 1992 (всі частини) та ISO 1920-10.

8.4.6.3.3 Жорсткість моста

(1) Оцінюючи жорсткості всієї конструкції, потрібно застосовувати нижню границю значень.

Примітка. Максимальні ефекти динамічної навантаги ймовірно виникатимуть на піках резонансу, якщо збігається кратність частоти навантаження та власної частоти конструкції. Будь-яке завищення жорсткості моста призведе до завищення власної частоти конструкції та швидкості, з якою виникає резонанс.

(2) Жорсткість всієї конструкції, охоплюючи визначення жорсткості елементів конструкції, можна визначити згідно зі стандартами EN 1992–EN 1994.

(3) Значення модуля Юнга можна отримати у стандартах EN 1992–EN 1994.

(4) Для бетону, міцність на стиск циліндричних зразків якого становить $f_{ck} \geq 50 \text{ Н/мм}^2$ (міцність на стиск кубічних зразків $f_{ck, cube} \geq 60 \text{ Н/мм}^2$), статичний модуль Юнга (E_{cm}) застосовують у межах значень, які відповідають бетону з міцністю $f_{ck} = 50 \text{ Н/мм}^2$ ($f_{ck, cube} = 60 \text{ Н/мм}^2$), за винятком ситуацій, у яких компетентний орган влади зазначив конкретні дані з результатів випробувань чи їх узгодили для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

Примітка 1. Вимоги щодо збільшених значень E_{cm} може бути встановлено в Національному додатку.

Примітка 2. Через велику кількість параметрів, які можуть впливати на E_{cm} , збільшені значення модуля Юнга для динамічної реакції моста визначити з достатньою точністю практично неможливо.

Примітка 3. Результати щодо визначення підвищених значень E_{cm} може бути підтверджено пробами сумішей та випробуваннями взятих на будівельному майданчику зразків згідно з EN 1990, стандартами EN 1992 та ISO 1920-10.

(5) Може бути використано матеріали з іншими властивостями, які зазначив компетентний орган влади чи узгодили для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

Примітка. Вимоги щодо матеріалів з іншими властивостями може бути встановлено в Національному додатку.

8.4.6.4 Моделювання збурення і динамічної поведінки конструкції

(1) Динамічні ефекти, спричинені «реальним потягом», можна подати як низку рухомих сил у точках прикладання.

(2) Ефекти взаємодії маси транспортного засобу та конструкції допустимо не враховувати.

(3) У розрахунку враховують варіативність значень осьових сил за всією довжиною потяга та варіативність відстані між окремими осями чи групами осей.

(4) Якщо доцільно, застосовують метод розрахунку, який надає змогу врахувати таку динамічну поведінку конструкції:

- у разі складених конструкцій, достатньо точно визначені побічні частоти й відповідні їм форми коливань;

- взаємодію між згинальними та крутильними формами коливань;

- місцеву поведінку елементів настилу (перекриття з невеликою товщиною та поперечних балок напівпрохідних мостів чи ферм тощо);

- поведінку плит у конструкції косого моста тощо.

(5) Можна врахувати ефекти внаслідок розподілення навантаги рейками, шпалами та баластом.

Примітка. Подання кожної осі окремою силою у точці прикладання має тенденцію до завищення динамічних ефектів за довжини прикладання навантаги менше 10 м.

(6) На відміну від положень 8.3.6.3(1), у динамічному розрахунку окремі осьові навантаги не розглядають як рівномірно розподілені в поздовжньому напрямку.

(7) Якщо міст відповідає умовам щодо верхньої границі значень згідно з рисунком 8.10, то визначені в 8.4.2 чинники, які впливають на динамічну поведінку (vii)–(xi), можна вважати такими, що враховані у Φ , $\varphi''/2$ та φ'' , згідно з 8.4.6.5 та додатком С.

8.4.6.5 Перевіряння відповідності умовам граничних станів

(1) Щоб забезпечити рух транспорту:

– перевіряння максимального пікового прискорення прогонової будови, яке виконують на відповідність умовам граничного стану експлуатаційної придатності, потрібно розглядати як вимогу щодо безпеки руху з метою запобігання нестійкості залізничної колії;

– динамічне посилення ефектів навантаги має бути враховано множенням значення статичного навантаження (у конфігурації моделей навантаги LM71, SW/0 або SW/2) на коефіцієнт динамічного посилення Φ , визначений у 8.4.5. Якщо потрібен динамічний розрахунок, то отримані результати цього розрахунку треба порівняти з результатами статичного розрахунку, посиленими застосуванням коефіцієнта Φ (і, за потреби, помноженими на α відповідно до 8.3.2), у цьому разі для проектування моста має бути використано найнесприятливіші ефекти навантаги;

– якщо потрібен динамічний розрахунок, має бути виконано перевіряння згідно з 8.4.6.6, щоб встановити, чи враховано додаткову втомлювальну навантагу в ситуаціях руху з високими швидкостями та за умов резонансу з урахування спричинених впливом навантаги напружень, застосовуючи $\Phi \times LM71$ (та, за потреби, у моделі навантаги $\Phi \times SW/0$ у разі нерозрізних конструкційних елементів і настилів, а також класифікованої вертикальної навантаги згідно з 8.3.2(3), якщо застосовно). Для проектування має бути використано найнесприятливішу втомлювальну навантагу.

(2) Потрібно, щоб максимальні допустимі пікові розрахункові значення прискорення мостового настилу, обчислені вздовж осі залізничної колії, не перевищували значень, установлених в А.2.8.4.2.1 EN 1990:2023.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

Зазначене вище посилання на A.2.8.4.2.1 EN 1990:2023 є помилковим, оскільки такого пункту не існує. У додатку А EN 1990:2023 відповідним пунктом варто вважати A.2.9.4.2.1, у якому розглянуто обмеження щодо вертикального прискорення мостового настилу.

(3) Щоб визначити коефіцієнт динамічного посилення навантаги φ'_{dyn} з урахуванням статичних розрахунків напружень, інтегральних напружень, реакцій чи прогинів, застосовують динамічний розрахунок (за потреби) з використанням формули (8.11):

$$\varphi'_{\text{dyn}} = \max |y_{\text{dyn}}/y_{\text{stat}}| - 1, \quad (8.11)$$

де

y_{dyn} – максимальна динамічна реакція;

y_{stat} – відповідна максимальна статична реакція в будь-якій точці конструкційного елемента, спричинена «реальним потягом» чи моделлю навантаги HSLM.

Для проєктування моста з урахуванням усіх ефектів від вертикальних рухомих навантаг використовують найнесприятливіше значення, отримане з використанням формул (8.12) та (8.13).

$$(1 + \varphi'_{\text{dyn}} + \varphi''/2) \times \begin{pmatrix} HSLM \\ \text{або} \\ RT \end{pmatrix} \quad (8.12)$$

або

$$\Phi \times (LM71 + SW/0) \quad (8.13)$$

де

HSLM – модель навантаги для залізничних ліній швидкісного руху, визначена в 8.4.6.1.1(2);

LM71+SW/0 – модель навантаги LM71 та, якщо застосовно, модель навантаги SW/0 для нерозрізних конструкційних елементів і

настилів (або класифікована вертикальна навантага згідно з 8.3.2(3), за потреби);

RT – навантаження від усіх «реальних потягів», що визначають згідно з 8.4.6.1.1;

$\varphi''/2$ – збільшення розрахованих динамічних ефектів навантаги (напружень, інтегральних зусиль, прогинів, прискорень мостового настилу тощо), що виникає внаслідок дефектів залізничної колії та недосконалостей транспортних засобів згідно з додатком С у разі колії з ретельним технічним обслуговуванням (для колії зі стандартним технічним обслуговуванням замість φ'' має бути застосовано $\varphi''/2$);

Φ — коефіцієнт динамічного посилення згідно з 8.4.5.

(4) Щодо прискорень мостового настилу, збільшення розрахованих динамічних ефектів навантаги, спричинених дефектами колії та недосконалостями транспортних засобів, допустимо оцінювати множенням розрахованих значень прискорення на коефіцієнт $(1 + \varphi''/2)$ у разі колії з ретельним технічним обслуговуванням (для колії зі стандартним технічним обслуговуванням треба використовувати $(1 + \varphi'')$), який зазначено компетентним органом влади чи узгоджено для конкретного проєкту відповідними сторонами-учасниками.

Примітка. Коефіцієнт, який потрібно застосовувати до прискорень мостового полотна, може бути встановлено в Національному додатку.

8.4.6.6 Додаткове перевіряння на втомну довговічність за потреби динамічного розрахунку

(1) Виконуючи перевіряння на втомну довговічність конструкції, потрібно враховувати діапазон напружень, що виникає внаслідок коливань елементів конструкції вище і нижче відповідного прогину від постійної навантаги, які спричинено:

- додатковими вільними коливаннями внаслідок ефектів ударних дій від осьових навантаг потягів, які рухаються з високою швидкістю;
- величиною динамічних ефектів від тимчасового навантаження під час резонансу;
- додатковими циклами напружень, спричинених динамічним навантаженням під час резонансу.

(2) Якщо типова експлуатаційна швидкість «реального потяга», що проїжджає по конструкції, наближається до резонансної швидкості, то під час проєктування має бути передбачено додаткове втомлювальне навантаження, спричинене ефектами резонансу.

Щодо оцінювання резонансної швидкості у разі вільно обпертої конструкції див. 8.4.6.2. Як альтернативний варіант, у разі інших типів конструкцій резонансну швидкість кожного «реального потяга» визначають динамічним розрахунком.

(3) Якщо міст проєктують із застосуванням моделі навантаги HSLM згідно з 8.4.6.1.1(2), то втомлювальне навантаження визначають з урахуванням найкращих результатів оцінювання поточного та майбутнього руху транспорту.

(4) Втомлювальне навантаження може бути визначено компетентним органом влади чи узгоджено для конкретного проєкту відповідними сторонами-учасниками.

Примітка 1. Значення втомлювального навантаження може бути встановлено в Національному додатку.

Примітка 2. Втомлювальне навантаження може охоплювати, наприклад: конструктивні деталі, річний тоннаж і рухомий склад «реальних потягів», а також відповідні значення типової експлуатаційної швидкості на ділянці, які має бути враховано під час проєктування.

(5) Під час перевіряння на втомну довговічність розглядають низку значень швидкості, досягаючи максимальної розрахункової швидкості.

(6) Приймають збільшену максимальну розрахункову швидкість, якщо її встановлено компетентним органом влади або, якщо не встановлено, то погоджено сторонами-учасниками для конкретного проєкту з урахуванням можливих модифікацій інфраструктури та майбутнього рухомого складу.

Примітка. Вимоги щодо збільшеної максимальної розрахункової швидкості може бути встановлено в Національному додатку.

8.5 Горизонтальні сили: характеристичні значення

8.5.1 Відцентрові сили

(1) Якщо залізнична колія на мосту має кривизну на всій довжині чи на частині споруди, потрібно враховувати відцентрові сили та ухил (підвищення зовнішньої рейки відносно внутрішньої на повороті) колії.

(2) Відцентрові сили вважають такими, що діють назовні в горизонтальному напрямку на висоті $h_t = 1,80$ м над рівнем поверхні кочення (див. рисунок 3.1), якщо іншого значення h_t не встановлено компетентним органом влади чи не погоджено для конкретного проєкту сторонами-учасниками.

Примітка. Вимоги щодо збільшеного значення h_t може бути встановлено в Національному додатку. Для окремих типів залізничного рухомого складу, наприклад, контейнерів, які укладають подвійними штабелями, може бути визначено збільшене значення h_t .

(3) Відцентрові сили потрібно завжди поєднувати у комбінації з вертикальною рухомою навантагою.

(4) Потрібно враховувати вертикальний ефект, спричинений відцентровими силами.

(5) Відцентрові сили не потрібно множити на коефіцієнт динамічного посилення Φ_2 чи Φ_3 .

Примітка. Розглядаючи вертикальні ефекти відцентрового навантаження, до вертикального ефекту цього навантаження, зменшеного на величину компенсації ухилу колії, застосовують відповідний коефіцієнт динамічного посилення.

(6) Характеристичні значення відцентрових сил має бути визначено за формулами (8.14) та (8.15):

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g \times r} (f \times Q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} (f \times Q_{vk}); \quad (8.14)$$

$$q_{tk} = \frac{v^2}{g \times r} (f \times q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} (f \times q_{vk}), \quad (8.15)$$

де

Q_{tk} , q_{tk} — характеристичні значення відцентрової навантаги (кН, кН/м);

Q_{vk} , q_{vk} — характеристичні значення вертикальної навантаги, визначені у 8.3 (без урахування збільшення динамічних ефектів) для моделей навантаги 71 (див. таблицю 8.8), SW/0 (див. таблицю 8.8), SW/2 та конфігурації «ненавантаженого потяга». У разі застосування моделі навантаги HSLM характеристичне значення відцентрової навантаги визначають на основі моделі 71;

f — понижувальний коефіцієнт (див. нижче);

v — максимальна швидкість згідно з 8.5.1(7) та (8) (м/с);

V — максимальна швидкість згідно з 8.5.1(7) та (8) (км/год);

g — прискорення вільного падіння (9,81 м/с²);

r — радіус кривизни (м). У разі кривої зі змінними радіусами допустимо застосовувати відповідні середні значення радіуса r .

(7) Розрахунки потрібно виконувати з урахуванням максимальної лінійної швидкості руху на ділянці (див. пункт 8.4.6.2), встановленої для моделей навантаги 71, SW/0 та HSLM.

Примітка. Збільшене значення максимальної лінійної швидкості руху на ділянці може встановити компетентний орган влади або, якщо він його не встановив, його можуть узгодити для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники з урахуванням можливих модифікацій інфраструктури й майбутнього рухомого складу.

(8) Для моделі навантаги SW/2 допустимо застосовувати максимальну швидкість 80 км/год чи інше значення, якщо його визначив компетентний орган влади, або, якщо не визначив, то його узгодили для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

Примітка. Максимальну швидкість для моделі навантаги SW/2, застосовувану в розрахунку відцентрових ефектів, може бути встановлено в Національному додатку.

(9) У разі мостів із криволінійним розташуванням додатково має бути розглянуто ситуацію навантаження, визначену в 8.3.2 (модель навантаги 71) та, якщо застосовно, визначену у 8.3.3 (моделі навантаги SW/0, SW/2), без урахування відцентрових сил.

(10) Для моделі навантаги 71 (та, за потреби, SW/0), а також за максимальної лінійної швидкості руху на ділянці понад 120 км/год розглядають такі ситуації:

а) модель навантаги 71 (та, за потреби, SW/0) із застосуванням коефіцієнта динамічного посилення і відцентрової сили за умови $V = 120$ км/год згідно з формулами (8.14) та (8.15), із $f = 1$;

б) модель навантаги 71 (та, за потреби, SW/0) із застосуванням коефіцієнта динамічного посилення і відцентрової сили згідно з формулами (8.14) та (8.15) за умов зазначеної максимальної

швидкості V , із застосуванням значення понижувального коефіцієнта f згідно з 8.5.1(11).

(11) Для моделі навантаги 71 (та, за потреби, моделі навантаги SW/0) понижувальний коефіцієнт f обчислюють за формулою (8.16):

$$f = \left[1 - \frac{V - 120}{1\,000} \left(\frac{814}{V} + 1,75 \right) \left(1 - \sqrt{\frac{2,88}{L_f}} \right) \right] \quad (8.16)$$

за умови мінімального значення 0,35, де

L_f – довжина підданої впливу ділянки навантаженої криволінійної колії на мосту, найбільш несприятливої для проєктного рішення розглядуваного конструкційного елемента (м);

V – максимальна лінійна швидкість руху на ділянці згідно з 8.5.1 (7) та (8).

$f = 1$ за умови $V \leq 120$ км/год або $L_f \leq 2,88$ м;

$f < 1$ за умови 120 км/год $< V \leq 300$ км/год

(див. таблицю 8.7 чи рисунок 8.15 чи формулу (8.16))

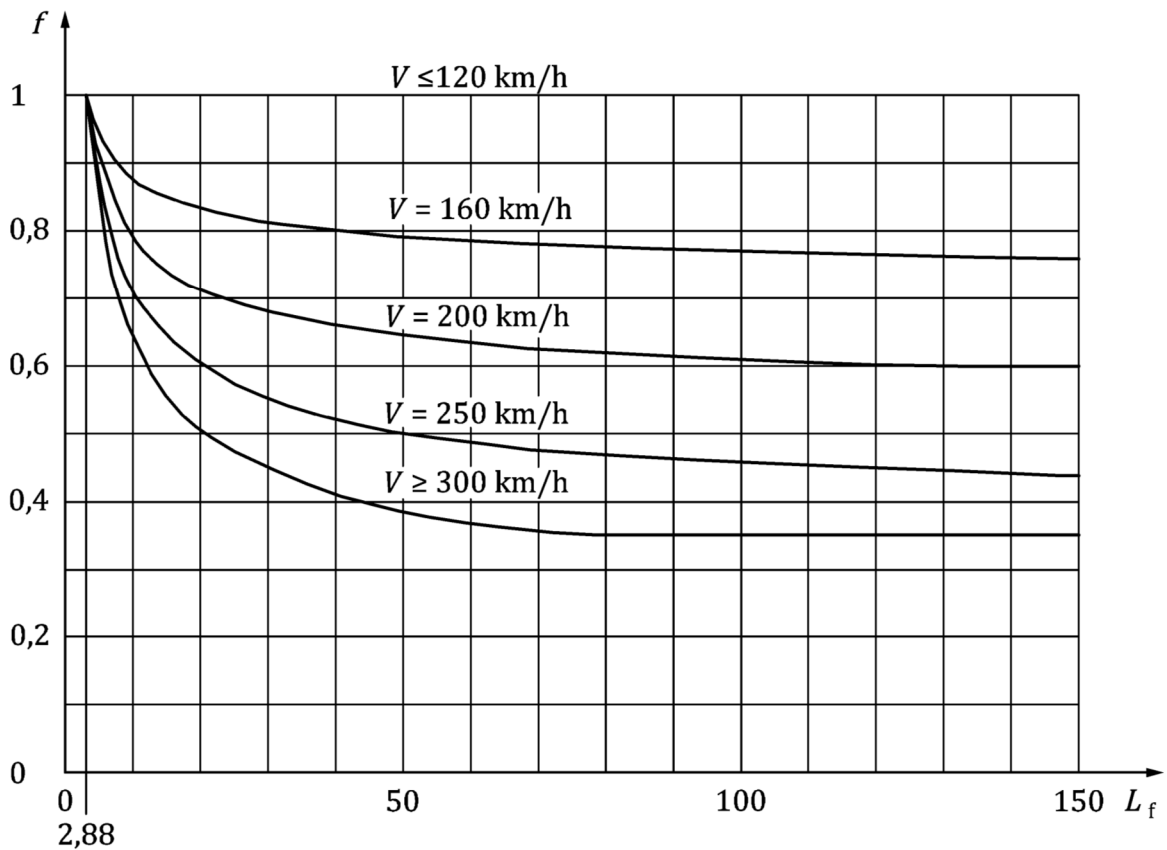
$f_{(V)} = f_{(300)}$ за умови $V > 300$ км/год

} та $L_f > 2,88$ м

Для моделей навантаги SW/2 та «ненавантаженого потяга» приймають значення понижувального коефіцієнта $f = 1,0$.

Таблиця 8.7 – Коефіцієнт f для моделей навантаги 71 та SW/0

L_f , м	Максимальна швидкість згідно з 8.5.1 (7) та (8), км/год				
	≤ 120	160	200	250	≥ 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
≥ 150	1,00	0,76	0,60	0,44	0,35



Умовні позначки:

f – понижувальний коефіцієнт;

L_f – довжина підданої впливу ділянки навантаженої криволінійної колії на мосту, найбільш несприятливої для проєктного рішення розглядуваного конструкційного елемента, м;

Рисунок 8.15 – Коефіцієнт f для моделей навантаги 71 та SW/0

(12) Для моделей LM71 та SW/0 відцентрові сили визначають за формулами (8.14) та (8.15), використовуючи значення класифікованих вертикальних навантаг (див. 8.3.2(3)) відповідно до сполучень навантаг, поданих у таблиці 8.8:

Таблиця 8.8 – Сполучення навантаж за відцентрової сили, що відповідають значенням α , та за максимальної лінійної швидкості руху на ділянці

Значення α	Максимальна лінійна швидкість руху на ділянці, км/год	Відцентрова сила, що ґрунтується на: ^d				Пов'язана вертикальна рухома дія, що ґрунтується на: ^a
		V , км/год	α	f		
$\alpha < 1$	> 120	V	1^c	f	$1^c \times f \times$ (LM71“+”SW/0) для ситуації 8.5.1(10) ^b	$\Phi \times \alpha \times 1 \times$ (LM71“+”SW/0)
		120	α	1	$\alpha \times 1 \times$ (LM71“+”SW/0) для ситуації 8.5.1(10) ^a	$\Phi \times \alpha \times 1 \times$ (LM71“+”SW/0)
		0	–	–	–	
	≤ 120	V	α	1	$\alpha \times 1 \times$ (LM71“+”SW/0)	$\Phi \times \alpha \times 1 \times$ (LM71“+”SW/0)
		0	–	–	–	
$\alpha = 1$	> 120	V	1	f	$1 \times f \times$ (LM71“+”SW/0) для ситуації 8.5.1(10) ^b	$\Phi \times 1 \times 1 \times$ (LM71“+”SW/0)
		120	1	1	$1 \times 1 \times$ (LM71“+”SW/0) для ситуації 8.5.1(10) ^a	$\Phi \times 1 \times 1 \times$ (LM71“+”SW/0)
		0	–	–	–	
	≤ 120	V	1	1	$1 \times 1 \times$ (LM71“+”SW/0)	$\Phi \times 1 \times 1 \times$ (LM71“+”SW/0)
		0	–	–	–	

Кінець таблиці 8.8

Значення α	Максимальна лінійна швидкість руху на ділянці, км/год	Відцентрова сила, що ґрунтується на: ^d				Пов'язана вертикальна рухома дія, що ґрунтується на: ^a
		V , км/год	α	f		
$\alpha > 1$	$> 120^b$	V	1	f	$1 \times f \times$ (LM71“+”SW/0) для ситуації 8.5.1(10) ^b	$\Phi \times 1 \times 1 \times$ (LM71“+”SW/0)
		120	α	1	$\alpha \times 1 \times$ (LM71“+”SW/0) для ситуації 8.5.1(10) ^a	$\Phi \times \alpha \times 1 \times$ (LM71“+”SW/0)
		0	–	–	–	
	≤ 120	V	α	1	$\alpha \times 1 \times$ (LM71“+”SW/0)	
		0	–	–	–	

^a Якщо вертикальні рухоми навантаги сприятливі, застосовують $0,5 \times$ (LM71“+”SW/0) замість (LM71“+”SW/0).

^b Застосовно до важкого рухомого складу вантажного транспорту, для якого обмеження максимальної швидкості становить 120 км/год.

^c $\alpha = 1$, щоб уникнути подвійного врахування зменшеної маси потяга із застосуванням понижувального коефіцієнта f .

^d Стосовно вертикальних ефектів, спричинених відцентровими силами, див. 8.5.1(4). До ефекту вертикальної навантаги внаслідок дії відцентрових сил за вирахуванням будь-якого зменшення, пов'язаного з ухилом колії, застосовують відповідний коефіцієнт динамічного посилення. Для визначення вертикального ефекту внаслідок відцентрової сили, коефіцієнт f враховують, як зазначено вище.

У цій таблиці:

V – максимальна швидкість згідно з 8.5.1(7 та 8);

f – понижувальний коефіцієнт згідно з 8.5.1(10);

α – коефіцієнт, застосовний до класифікованих вертикальних навантаг згідно з 8.3.2(3);

LM71“+”SW/0 – модель навантаги 71 та, за потреби, модель навантаги SW/0 для нерозрізних мостів.

(13) Для важкого рухомого складу вантажного транспорту, що рухається зі швидкістю понад 120 км/год, додаткові вимоги визначає компетентний орган влади або узгоджують для конкретного проекту відповідні сторони-учасники.

Примітка 1. Додаткові вимоги щодо відцентрових навантаг, спричинених рухом важкого вантажного транспорту зі швидкістю понад 120 км/год, може бути встановлено в Національному додатку.

Примітка 2. Критерії, викладені у 8.5.1(7) та (8), а також 8.5.1(10) – 8.5.1(12), не застосовують до важкого вантажного транспорту, що рухається з максимальною допустимою швидкістю понад 120 км/год.

8.5.2 Сила бічного тиску коліс

(1) Силу бічного тиску коліс визначають як зосереджену силу, що діє горизонтально на головки рейок, перпендикулярно до осьової лінії колії.

(2) Силу бічного тиску коліс має бути розглянуто як прикладену до прямолінійної, а також до криволінійної ділянки колії.

(3) Силу бічного тиску коліс завжди потрібно поєднувати з вертикальною рухомою навантагою.

(4) Має бути прийнято характеристичне значення сили бічного тиску коліс $Q_{sk} = 100$ кН.

(5) Характеристичне значення сили бічного тиску коліс потрібно помножити на коефіцієнт α згідно з 8.3.2(3), застосовуючи значення $\alpha \geq 1$.

(6) Характеристичне значення сили бічного тиску коліс не потрібно помножувати на коефіцієнт Φ (див. 8.4.5) чи на коефіцієнт f , див. 8.5.1(11).

8.5.3 Дії внаслідок тяги та гальмування

(1) Сили тяги та гальмування має бути розглянуто як такі, що діють на рівні головок рейок у поздовжньому напрямку залізничної колії.

(2) Сили тяги та гальмування потрібно поєднувати у комбінації з відповідними вертикальними навантагами.

(3) Сили тяги та гальмування має бути розглянуто як рівномірно розподілені по відповідній довжині підданої впливу ділянки, $L_{a,b}$, щоб визначити ефекти тяги та гальмування стосовно розглядуваного елемента конструкції.

(4) У конфігурації моделей навантаги SW/0 та SW/2 сили тяги та гальмування розглядають як прикладені лише до тих частин конструкції, які сприймають навантаження відповідно до рисунка 8.2 та таблиці 8.1.

(5) Напрямок сил тяги та гальмування має бути визначено з урахуванням допустимих напрямків руху на кожній залізничній колії.

(6) Характеристичні значення сил тяги та гальмування потрібно обчислювати за формулами (8.17)–(8.19); їх застосовують до всіх типів конструкції колії як із безстиківими рейками, так і зі стиковими, з компенсаторами температурних деформацій чи без них.

$$\text{Сила тяги: } Q_{lak} = 33 \text{ (кН/м)} \times L_{a,b} \text{ (м)} \leq 1\,000 \text{ (кН)} \quad (8.17)$$

для моделей навантаги 71,
SW/0, SW/2 та HSLM.

Сила
гальмування:

$$Q_{lbk} = 20 \text{ (кН/м)} \times L_{a,b} \text{ (м)} \leq 6\,000 \text{ (кН)} \quad (8.18)$$

для моделей навантаги 71, SW/0
та моделі навантаги HSLM.

$$Q_{lbk} = 35 \text{ (кН/м)} \times L_{a,b} \text{ (м)} \quad (8.19)$$

для моделі навантаги SW/2.

Примітка. З метою сприяння розвитку систем контролювання тяги та гальмування у Національному додатку може бути встановлено більші значення сил тяги та гальмування.

(7) Сили тяги та гальмування можна не враховувати у конфігурації моделі навантаги «ненавантаженого потяга».

(8) Зазначені вище сили тяги та гальмування у конфігураціях моделей навантаги 71 та SW/0 потрібно помножити на коефіцієнт α згідно з вимогами 8.3.2(3).

(9) Характеристичні значення сил тяги та гальмування не потрібно помножувати на коефіцієнт Φ (див. 8.4.5.2) чи на коефіцієнт f , зазначений у 8.5.1(11).

(10) Для завантажених ділянок, довжина яких становить понад 300 м, додаткові вимоги щодо врахування ефектів гальмування визначає компетентний орган влади чи узгоджують для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

Примітка. Вимоги щодо гальмування для завантажених ділянок завдовжки понад 300 м може бути встановлено в Національному додатку.

(11) Для залізничних ліній спеціалізованого типу сполучення (наприклад, виключно для швидкісних пасажирських потягів) значення сил тяги та гальмування допустимо приймати такі, що дорівнюють 25 % від суми осьових навантаж («реального потяга»), які діють на піддану впливу ділянку конструкції з максимальними значеннями 1 000 кН для Q_{lak} та 6 000 кН для Q_{lbk} . Залізничні лінії спеціалізованого

типу сполучення та відповідні параметри навантаження можуть бути визначені компетентним органом влади чи узгоджені для конкретного проєкту відповідними сторонами-учасниками з урахуванням іншого типу залізничного рухомого складу, допустимого на цій колії (наприклад, потягів для технічного обслуговування колії тощо).

Примітка. Залізничні лінії спеціалізованого типу сполучення та відповідні параметри навантаження може бути визначено в Національному додатку.

(12) Якщо залізнична колія є безстиковою на одному чи обох кінцях моста, частку сили, що передається через настил на опори, визначають з урахуванням сумісної реакції конструкції та колії згідно з 8.5.4.

Примітка. Лише частина сили тяги чи гальмування передається через мостовий настил на опори; решта сили передається через колію і сприймається за межами берегових опор.

(13) Якщо на мосту дві чи більше залізничних колій, то сили гальмування, прикладені до однієї колії, потрібно розглядати разом із силами тяги на іншій колії.

(14) Якщо на двох чи кількох залізничних коліях транспортне сполучення відбувається в одному допустимому напрямку, має бути враховано або сили тяги на двох коліях, або сили гальмування на двох коліях із застосуванням для другої колії коефіцієнта комбінації $\psi_0 = 0,5$.

Примітка. Альтернативні вимоги щодо застосування сил тяги та гальмування на мостах із двома чи більше коліями, з транспортним сполученням в одному допустимому напрямку може бути встановлено в Національному додатку.

8.5.4 Сумісна реакція конструкції та залізничної колії на змінні дії

8.5.4.1 Загальні принципи

(1) Якщо безстикові рейки укладено над переривчастими опорами залізничної колії (наприклад, між конструкцією моста й

насипом), то конструкція моста (мостовий настил, опори й ніжні конструкції) та колія (рейки, баласт тощо) спільно сприйматимуть поздовжні дії внаслідок тяги чи гальмування. Поздовжні дії частково передаються рейками на насип за береговою опорою, а частково – опорними частинами моста та нижніми конструкціями на фундаменти.

Примітка. Застосоване у 8.5.4 поняття «насип» у загальній ситуації можна розуміти як таке, що охоплює конструкцію колії чи ґрунт під колією на підходах до моста, незалежно від того, чи влаштовано колію на насипі, рівній поверхні чи у виїмці.

(2) На ділянках, де безстиківі рейки обмежують вільне переміщення мостового настилу, його деформації (наприклад, через температурні коливання, вертикальне навантаження, повзучість та усадку) спричиняють появу поздовжніх зусиль у рейках і в нерухомих опорних частинах моста.

(3) Ефекти, що виникають унаслідок сумісної реакції конструкції та колії на змінні дії, має бути враховано під час проєктування прогонової будови моста, нерухомих опорних частин і нижніх конструкцій, а також для оцінювання внеску взаємодії системи «колія-міст» в утворення осьового напруження у рейках.

Примітка. Взаємодія системи «колія-міст» обумовлює також утворення осьових напружень у рейках внаслідок ефектів згину в мостовому настиллі. Згідно з припущенням, пов'язаний із цим ефектом допуск охоплено діапазоном граничних значень осьового напруження (див. 8.5.4.5).

(4) Вимоги 8.5.4 застосовують до залізничної колії, улаштованої як на баласті, так і без нього.

(5) Крім викладених у 8.5.4.5, зазначають також вимоги щодо інших конфігурацій залізничної колії.

Примітка. Вимоги щодо інших конфігурацій залізничної колії може бути зазначено в Національному додатку або узгоджено для окремого проєкту. Інші рекомендації подано в CEN/TR 17231.

8.5.4.2 Параметри, що впливають на сумісну реакцію конструкції та колії

(1) Нижче зазначено параметри, які впливають на сумісну роботу конструкції і залізничної колії та які має бути враховано під час розрахунку.

а) Конфігурація конструкції:

- вільно обперта балка, нерозрізний(і) мостовий(і) настил(и);
- кількість окремих мостових настилів та довжина кожного з них;
- кількість прогонів і довжина кожного прогону;
- розташування нерухомих опорних частин;
- розташування фіксованої точки, не підданої тепловому розширенню (та використовуваних пристроїв для створення умовних фіксованих точок, не підданих тепловому розширенню);
- ефективна довжина ділянки розширення, L_T (див. рисунок 8.16) між фіксованою точкою, не підданою тепловому розширенню та (розташованим далі) кінцем мостового настилу;
- ефективна довжина ділянки розширення, L_I (див. рисунок 8.16) у зоні рухомого шва конструкції, що дорівнює сумі значень довжини ділянок розширення з двох боків цього шва.



Рисунок 8.16 – Приклади визначення довжини ділянок розширення L_T та L_I

b) Конфігурація колії:

- колії на баласті чи безбаластні системи колій;
- вертикальна відстань між верхньою поверхнею настилу й нейтральною віссю рейок;
- розташування розширювальних пристроїв для рейок, за потреби;
- застосування інших пристроїв для зменшення поздовжніх напружень (наприклад, спеціальних засобів кріплення рейок);
- наявність залізничних стрілок і переїздів.

Примітка. У конкретному проєкті, за узгодження між відповідними сторонами-учасниками, може бути визначено вимоги щодо розташування розширювальних пристроїв для рейок з урахуванням вимог щодо забезпечення ефективності таких пристроїв, а також із гарантуванням умов, за яких розширювальні пристрої для рейок не зазнаватимуть негативного впливу згинальних ефектів у рейці через близькість кінцевої частини мостового настилу тощо.

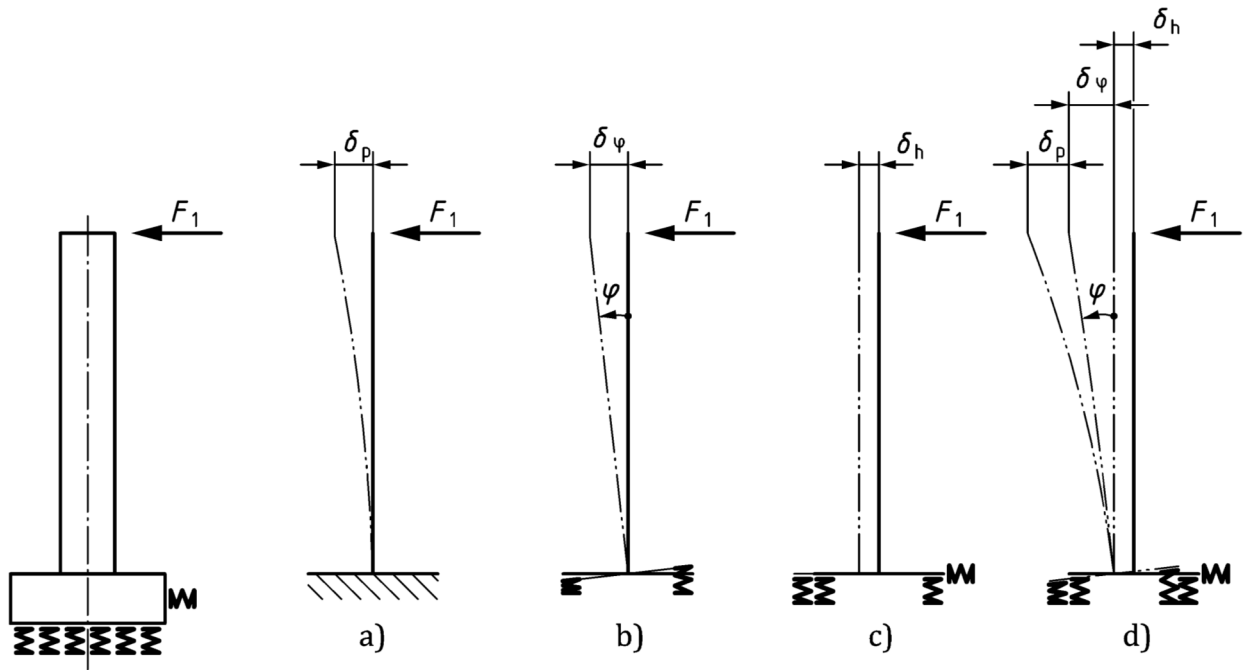
с) Властивості конструкції:

- вертикальна жорсткість мостового настилу;
- вертикальна відстань між нейтральною віссю і верхньою поверхнею мостового настилу;
- вертикальна відстань між нейтральною віссю мостового настилу та віссю повертання опорної частини;
- конфігурація конструкції опор, що забезпечує поздовжнє переміщення кінця мостового настилу, пов'язане з його кутовим переміщенням;
- поздовжня жорсткість конструкції, яку визначають як загальну жорсткість, що може бути забезпечено нижніми конструкціями за впливу дій у поздовжньому напрямку колій, з урахуванням жорсткості опорних частин, нижніх конструкцій та фундаментів.

Наприклад, загальну поздовжню жорсткість окремої проміжної опори визначають за формулою (8.20):

$$K = \frac{F_1}{(\delta_p + \delta_\varphi + \delta_h)} \quad (8.20)$$

у ситуації, поданій для прикладу на рисунку 8.17.



Умовні позначки:

- a) згин проміжної опори;
- b) кутове переміщення фундаменту;
- c) переміщення фундаменту;
- d) загальне переміщення оголовка проміжної опори

Рисунок 8.17 – Приклад визначення еквівалентної поздовжньої жорсткості над опорними частинами

d) Властивості колії:

- поздовжня жорсткість рейки,
- опір колії чи рейок поздовжньому переміщенню з урахуванням одної з таких умов:

- опору щодо переміщення колії (рейок і шпал) у баласті відносно нижнього боку баласту, або

- опору щодо переміщення рейок у місцях закріплення рейок та опор, наприклад, у разі обмерзання баласту чи самих закріплених рейок;

у цьому разі опір переміщенню визначають як силу на одиницю довжини колії, дію якої у залежності від переміщення подають як

функцію відносного переміщення між рейкою та опорним настилом чи насипом.

8.5.4.3 Дії, які має бути враховано

(1) Має бути враховано такі дії:

- сили тяги та гальмування, які визначено в 8.5.3;
- ефекти теплових дій у комбінованій системі «конструкція-колія»;
- класифіковані вертикальні навантаги від транспортного руху згідно з 8.3.2 та 8.3.3 (охоплюючи SW/0 та SW/2, за потреби). Пов'язані динамічні ефекти відповідно до 8.4.5 можна не враховувати;

Примітка. Сумісну реакцію конструкції та колії у конфігурації «ненавантаженого потяга» та моделі навантаги HSLM можна не враховувати. Альтернативні вимоги може бути визначено в Національному додатку.

– інші дії, такі як повзучість, усадка, перепади температури тощо, має бути враховано для визначення кутового переміщення та пов'язаного з ним поздовжнього переміщення кінців мостових настилів, якщо застосовно.

(2) Змінення температури конструкцій моста визначають як діапазон сталого температурного компонента загалом для моста, ΔT_N (див. EN 1991-1-5), де γ та ψ приймають як такі, що дорівнюють 1,0.

Для виконання спрощених розрахунків допустимо враховувати діапазон сталого температурного компонента для прогону $\Delta T_N = \pm 35 \text{ K}$.

Примітка 1. У Національному додатку може бути вказано альтернативні значення ΔT_N .

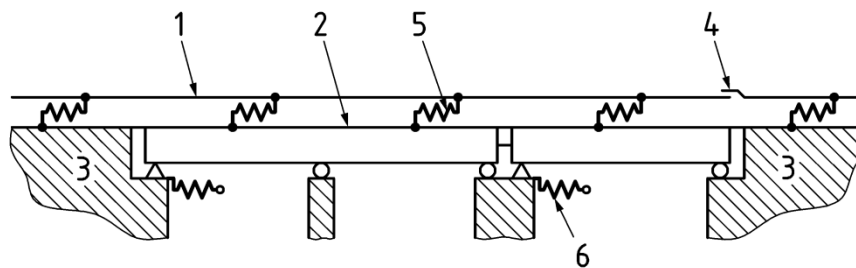
Примітка 2. У Національному додатку може бути вказано інші значення для спрощених розрахунків.

(3) Визначаючи сумісну реакцію колії та конструкції на дію сил тяги та гальмування, ці сили (тяги та гальмування) не розглядають як

прикладені до прилеглого насипу за винятком ситуації, у якій виконують загальний розрахунок системи «колії-конструкції». У такому розрахунку враховують зони під'їзду залізничного транспорту до моста, проїзду по мосту та з'їзду з моста на прилеглі насипи, щоб оцінити найнесприятливіші ефекти навантаги.

8.5.4.4 Моделювання і розрахунок комбінованої системи «колія-конструкція»

(1) Для визначення ефектів навантаги в комбінованій системі «колія-конструкція» можна використовувати модель із конфігурацією, що відповідає рисунку 8.18.



Умовні позначки:

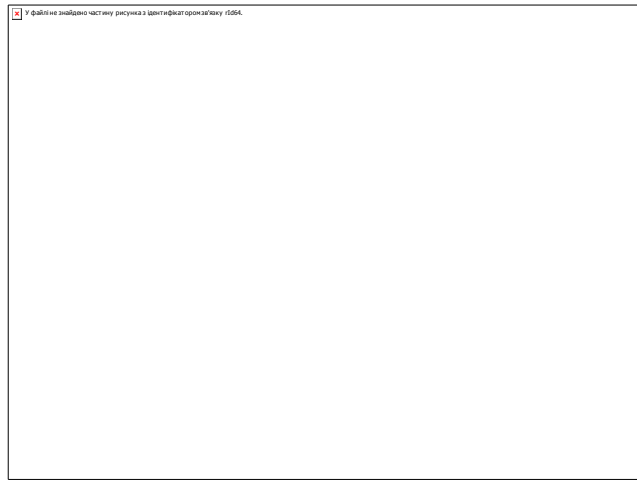
- 1 – залізнична колія;
- 2 – прогонова будова (показано один складений з двох прогонів настил та ще один однопрогоновий настил);
- 3 – насип;
- 4 – розширювальний пристрій для рейок (якщо є);
- 5 – поздовжні нелінійні пружинні елементи, що забезпечують поведінку колії «навантаження-переміщення» у поздовжньому напрямку;
- 6 – поздовжні пружинні елементи, що забезпечують поздовжню жорсткість, K , нерухомої опори мостового настилу з урахуванням жорсткості фундаменту, проміжних опор, берегових опор тощо

Рисунок 8.18 – Приклад моделі системи «колія-конструкція»

(2) Поведінку колії чи рейкових опор за поздовжнього навантаження і переміщення можна визначити експериментально. Її можна змоделювати у вигляді повної діаграми «навантаження-переміщення» чи подати як залежність, показану на рисунку 8.19, із

застосуванням початкового пружного опору зсуву (кН/мм переміщення на метр колії), а далі – з застосуванням пластичного опору зсуву, k (кН/м колії). Характеристики відповідної системи кріплення рейок у ненавантаженому стані можна визначати за методикою, описаною в EN 13146-1.

Примітка 1. Зазвичай, ці характеристики відомі для кожного типу системи кріплення, і їх визначають у процесі виконання типової процедури схвалення такої системи.



Умовні позначки:

X – переміщення рейки відносно опорного настилу;

Y – поздовжнє зсувне зусилля у колії на одиницю довжини;

1 – опір системи кріплення рейок (навантажена колія) (обмерзлий баласт або колія без баласту зі стандартними кріпленнями);

2 – опір шпал у баласті (навантажена колія);

3 – опір системи кріплення рейок (ненавантажена колія) (обмерзлий баласт або колія без баласту зі стандартними кріпленнями);

4 – опір шпал у баласті (ненавантажена колія)

Рисунок 8.19 – Залежність поздовжнього зсувного зусилля від поздовжнього переміщення колії (одноколійна система)

Примітка 2. Поведінка, описана на рисунку 8.19, дійсна у більшості ситуацій (але не стосується вбудованих рейок (у бетоні) без стандартних систем кріплення тощо).

(3) Оскільки в багатьох ситуаціях характеристики залізничної колії та системи кріплення рейок на момент виконання розрахунків моста невідомі, а також можуть змінюватися впродовж строку експлуатації, типові значення пластичного опору зсуву колії, k (кН/м), та граничного переміщення в пружній стадії, u_0 (мм), може бути взято з таблиці 8.9 (NDP).

Примітка. Альтернативні значення пластичного опору зсуву колії, k (кН/м), та граничного переміщення в пружній стадії, u_0 (мм) може бути подано в Національному додатку.

Таблиця 8.9 (NDP) – Подані для прикладу значення, використовувані згідно з рисунком 8.19 за відсутності фактично встановлених значень

		u_0 мм	k кН на метр довжини колії
Залізнична колія на баласті	Ненавантажена	2,0	20
	Ненавантажена: обмерзлий баласт	0,5	30
	Навантажена	2,0	60
	Навантажена: обмерзлий баласт	0,5	60
Безбаластна залізнична колія	Ненавантажена	0,5	40
	Навантажена	0,5	60

(4) Якщо застосовують систему, в якій значення k менше, ніж у таблиці 8.9 (NDP), потрібно виконати розрахунок для підтвердження того, що за умов руйнування рейки утворений проміжок буде меншим, ніж граничне значення, встановлене компетентним органом влади.

(5) Методику розрахунку проміжку, утвореного внаслідок руйнування рейки, подано в CEN/TR 17231.

(6) У разі обґрунтованих підстав вважати, що в майбутньому характеристики залізничної колії можуть змінитися, це має бути враховано в розрахунках із дотриманням встановлених вимог.

Примітка. Майбутні характеристики колії може бути зазначено в Національному додатку. Додаткові вимоги може встановити компетентний орган влади або, якщо він їх не встановив, їх можуть узгодити для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

(7) Для розрахунку сумарної реакції поздовжньої опори, F_L , та для порівняння узагальненого еквівалентного напруження в рейці з допустимими значеннями, узагальнений ефект потрібно обчислити за формулою (8.21):

$$F_L = \sum \psi_{0i} F_{li}, \quad (8.21)$$

де

F_{li} – реакція окремої поздовжньої опори відповідно до i -тої дії;

ψ_{0i} – коефіцієнт комбінації:

– зі значеннями згідно з A.2 EN 1990:2023, які потрібно використовувати для розрахунку ефектів навантаги на прогонову будову, опорні частини й нижні конструкції;

– зі значенням 1,0 для розрахунку напружень у рейках.

(8) Для визначення ефектів кожної дії враховують нелінійну поведінку, обумовлену жорсткістю залізничної колії, зокрема, як показано на рисунку 8.19.

(9) Поздовжні зусилля в рейках і опорних частинах, що виникають унаслідок кожної дії, допустимо поєднувати у комбінації методом лінійної суперпозиції.

Примітка. Нелінійні методи розглянуто в CEN/TR 17231. У загальній ситуації, метод лінійної суперпозиції призводить до завищеної оцінки напружень у рейках, але недооцінює зусилля в опорних частинах.

8.5.4.5 Критерії проєктування

Примітка. Альтернативні вимоги може бути зазначено в Національному додатку.

8.5.4.5.1 Залізнична колія

(1) Ефекти взаємодії системи «колія-мостова конструкція», що впливають на залізничну колію, регламентують у загальній ситуації, обмежуючи «додаткове напруження» чи зусилля в рейці, спричинене тепловими діями й навантаженням від транспортних засобів (сил тяги та гальмування, згинальної сили, які діють на мостовий настил), наявність яких обумовлена проїздом по мосту. Це додаткове осьове напруження за розтягу чи стискальне зусилля в рейці, які має бути додано до осьового напруження за розтягу чи стискального зусилля, які за припущенням мали би виникнути в конструкції колії такого самого типу й за умов того самого навантаження від транспортних засобів, але не на мосту.

(2) Для рейок на мосту й на прилеглий береговій опорі допустиме додаткове напруження в рейці, обумовлене сумісною реакцією мостової конструкції та залізничної колії на змінні дії, має бути обмежено розрахунковим значенням 112 Н/мм^2 за умов розтягу чи стиску, за винятком таких ситуацій:

– у разі колії на баласті, щоб врахувати можливу втрату стійкості колії в поперечному напрямку, розрахункове значення має бути додатково зменшено до 72 Н/мм^2 за умов стиску (розрахункове значення за розтягу не змінюють);

– якщо колію на баласті закріплено від втрати стійкості в поперечному напрямку, наприклад, жорстким кріпленням перильної огорожі, допустимо застосовувати розрахункове значення, яке перевищує 72 Н/мм^2 .

Примітка. Це допустиме значення має бути погоджено компетентним органом влади та зазначено в Національному додатку.

(3) Граничні напруження у рейках, зазначені в 8.5.4.5.1(1), застосовують до залізничної колії, що відповідає таким умовам:

- профіль рейки 60E1 чи 60E2 класу R260 або вищого згідно з EN 13674-1;

- залізнична колія прямолінійна, або колія криволінійна з радіусом кривизни колії $r \geq 1500$ м;

Примітка 1. Для безбаластних колій або для колій на баласті з додатковим закріпленням від втрати стійкості в поперечному напрямку це мінімальне значення радіуса кривизни колії може бути меншим за умови, що його встановлено компетентним органом влади. Інші рекомендації подано в CEN/TR 17231.

- колія на баласті з бетонними шпалами масою ≥ 250 кг, з інтервалом між шпалами щонайбільше 650 мм, або еквівалентна конструкція колії;

- колія на баласті, ущільнений баласт під шпалами становить щонайменше 300 мм;

- колія на баласті містить елементи кріплення рейок, що мають поздовжню зсувну жорсткість, яка не перевищує застосовувану для стандартної колії на баласті.

Якщо вищезазначені критерії не дотримано, проводять спеціальні дослідження чи вживають додаткові заходи.

Примітка 2. У разі застосування інших стандартів будівництва залізничних колій (зокрема тих, що містять інші значення опору в поперечному напрямку) та інших типів рейок максимальні додаткові напруження в рейках може бути зазначено в Національному додатку. Додаткову інформацію з цього питання викладено в CEN/TR 17231.

8.5.4.5.2 Граничні значення деформації конструкції

(1) У разі колії на баласті потрібно, щоб переміщення, спричинене силами тяги та гальмування, δ_B (мм), не перевищувало таких значень:

– 5 мм у межах стику, застосовне у місцях стикування рейок безстикової колії (без розширювальних пристроїв у зоні стику);

– 30 мм у межах стику, якщо у всіх рейках у місці стику є розширювальні пристрої;

Примітка. Переміщення понад 30 мм є допустимими, якщо баласт має проміжок для переміщення, а для рейок передбачено розширювальні пристрої.

У цьому пункті δ_B (мм) – відносне поздовжнє переміщення між кінцем настилу та прилеглою береговою опорою, або відносне поздовжнє переміщення між двома послідовно встановленими настилами.

У разі безбаластної колії переміщення, обумовлене силою тяги та гальмування, δ_B (мм), потрібно обмежити, щоб забезпечити сумісність із проєктними характеристиками системи кріплення рейок. За відсутності будь-яких конкретних даних, до безбаластної колії застосовують граничні значення, установлені для колії на баласті.

(2) У разі колії на баласті потрібно, щоб поздовжнє переміщення внаслідок вертикальних дій, спричинених рухом транспорту (у двоколіїній системі), за умов навантаження у конфігурації моделі навантаги 71 (та, за потреби, SW/0), δ_H (мм), не перевищувало таких значень:

– 8 мм, якщо враховують поведінку комбінованої системи «колія-конструкція» (застосовують, якщо на один мостовий настил передбачено по одному розширювальному пристрою чи не передбачено жодного);

– 10 мм, якщо поведінку комбінованої системи «колія-конструкція» не враховують.

У цьому пункті δ_H (мм) – відносне поздовжнє переміщення на рівні нижньої поверхні баластного шару, спричинене вертикальною деформацією мостового настилу, виміряне

- між кінцем настилу та прилеглою береговою опорою, або
- між двома послідовно встановленими настилами.

У разі безбаластної колії, поздовжнє переміщення внаслідок вертикальних дій внаслідок руху транспорту, δ_H (мм), потрібно обмежити, щоб забезпечити сумісність із проектними характеристиками системи кріплення рейок. За відсутності будь-яких конкретних даних до безбаластної колії застосовують граничні значення, установлені для колії на баласті.

Примітка. У разі перевищення допустимих додаткових напружень у рейці, зазначених у 8.5.4.5.1(1), або перевищення поздовжнього переміщення настилу, зазначеного у 8.5.4.5.2(1) чи 8.5.4.5.2(2), треба або внести зміни до конструкції, або передбачити інші заходи для зменшення впливу на конструкцію колії, наприклад, розширювальні пристрої для рейок, спеціальні рейкові кріплення тощо.

(3) Потрібно, щоб вертикальне переміщення верхньої поверхні настилу відносно прилеглої конструкції (берегової опори чи іншого настилу), δ_V (мм), спричинене змінними діями, не перевищувало таких значень:

- 3 мм за умов максимальної лінійної швидкості руху на ділянці до 160 км/год;
- 2 мм за умов максимальної лінійної швидкості руху на ділянці понад 160 км/год.

(4) У разі безбаластної колії, в якій виникають піднімальні сили (під дією вертикальних рухомих навантаж) на рейкових опорах і

системах кріплення, потрібно виконати перевіряння характеристик рейкових опор і систем кріплення на відповідність застосовним умовам граничного стану (охоплюючи втомну міцність).

Примітка. Опір систем кріплення піднімальним силам може бути визначено за допомогою методів випробування, визначених у EN 13146-7.

8.5.4.6 Методи розрахунку

8.5.4.6.1 Загальні положення

(1) Критерії проєктування, викладені в 8.5.4.5, застосовують переважно до колії на баласті та до відповідних компонентів колії із заданими властивостями (наприклад, рейок 60E1 згідно з EN 13674-1).

Примітка. Альтернативні методи розрахунку може бути визначено в Національному додатку. Див. також CEN/TR 17231.

8.5.4.6.2 Загальний підхід

(1) Обирають розрахункові методи, які забезпечують можливість перевіряння сумісної реакції колії та конструкції на відповідність критеріям проєктування, визначеним у 8.5.4.5. Ці критерії у зведеному вигляді можна подати так:

a) повздовжнє відносне переміщення у кінцевій частині настилу, розділене на дві складові частини для порівняння із допустимими значеннями: δ_B – спричинене тягою і гальмуванням, та δ_H – спричинене вертикальною деформацією настилу;

b) максимальні додаткові напруження в рейках;

c) максимальне вертикальне відносне переміщення кінцевої частини настилу, δ_v .

d) для безбаластних колій: якщо δ_v перевищує 0,5 мм, потрібно додаткове перевіряння піднімальних сил згідно з 8.5.4.5.2(4).

(2) У 8.5.4.6.3 подано спрощений метод для оцінювання сумісної реакції вільно обпертої чи нерозрізної конструкції, що складається з

одного мостового настилу та колії, на змінні дії, застосовний до конструкцій із довжиною ділянки розширення L_T до 40 м.

(3) Для інших типів колій чи конструкційних конфігурацій розрахунок потрібно виконувати, дотримуючи вимог 8.5.4.2–8.5.4.5.

8.5.4.6.3 Спрощений метод розрахунку конструкції моста з одним настилом

(1) У разі прогонової будови, що складається з одного мостового настилу (вільно обперта, нерозрізна прогонова будова з жорсткою опорною частиною на одному кінці чи нерозрізна прогонова будова з проміжною жорсткою опорною частиною), виконувати перевіряння напружень у рейках не потрібно за умови, що:

- нижня конструкція має достатню жорсткість K , що обмежує переміщення настилу в повздовжньому напрямку внаслідок тяги та гальмування, δ_B , до максимального значення 5 мм за дії повздовжніх сил тяги та гальмування (класифікованих відповідно до 8.3.2(3), за потреби). Для визначення переміщень ураховують конфігурацію та властивості конструкції, подані в 8.5.4.2(1);

- у разі вертикальних рухомих навантаж повздовжнє переміщення на верхній поверхні настилу в його кінцевій частині внаслідок деформації настилу, δ_H , не перевищує 5 мм;

- ефективна довжина ділянки розширення, L_J , в зоні деформаційного шва становить менше 40 м.

Зазначені в цьому пункті критерії мають рекомендаційний характер.

Примітка. Альтернативні критерії може бути визначено в Національному додатку.

(2) Розрахунковий метод, поданий у 8.5.4.6.3, застосовують за таких умов:

– колія відповідає вимогам щодо конструкції, зазначеним у 8.5.4.5.1(3);

– пластичний опір зсуву в поздовжньому напрямку колії, k , становить:

у разі ненавантаженої колії: $k = 20 \dots 40$ кН на 1 м колії,

у разі навантаженої колії: $k \approx 60$ кН на 1 м колії;

– вертикальні рухомі навантаги:

модель навантаги 71 (та, за потреби, модель навантаги SW/0) із застосуванням коефіцієнта $\alpha = 1$ згідно з 8.3.2(3);

модель навантаги SW/2.

Примітка. Цей метод є застосовним для значень α , за яких ефекти навантаги за умов $\alpha \times LM71$ не перевищують ефекти навантаги, отримані в конфігурації SW/2.

– дії, спричинені гальмуванням, для:

Моделі навантаги 71 (та, за потреби, моделі навантаги SW/0), а також моделі навантаги HSLM:

$$q_{lbk} = 20 \text{ кН/м},$$

моделі навантаги SW/2:

$$q_{lbk} = 35 \text{ кН/м}.$$

– дії, спричинені тягою:

$$q_{lak} = 33 \text{ кН/м}, \quad \text{з максимальним граничним значенням}$$

$$Q_{lak} = 1\,000 \text{ кН}.$$

– дії, спричинені зміненням температури:

діапазон сталої температурної складової ΔT_D настилу: $\Delta T_D \leq 35 \text{ К}$;

діапазон сталої температурної складової ΔT_R рейки: $\Delta T_R \leq 50 \text{ К}$;

максимальна різниця між температурами рейки та настилу:

$$|\Delta T_D - \Delta T_R| \leq 20 \text{ K} \quad (8.22)$$

(3) Поздовжні сили, спричинені тягою та гальмуванням, що діють на нерухомі опорні частини, можна отримати множенням значень сил тяги та гальмування на понижувальний коефіцієнт ξ із таблиці 8.10.

Таблиця 8.10 – Понижувальний коефіцієнт ξ для визначення спричинених тягою та гальмуванням поздовжніх сил, що діють на нерухомі опорні частини моста з одним настилом

Загальна довжина конструкції, м	Понижувальний коефіцієнт ξ		
	Безстикова колія	Розширювальні пристрої для рейок на одному кінці настилу	Розширювальні пристрої для рейок на обох кінцях настилу
≤ 40	0,60	0,70	1,00

Для порталних і замкнених рамних систем чи коробчастих балкових систем допустимо приймати понижувальний коефіцієнт ξ , що дорівнює одиниці. Як альтернативний варіант, можна виконати розрахунок згідно з 8.5.4.2–8.5.4.5.

(4) Характеристичні значення поздовжніх сил, $F_{Тк}$, із розрахунку на колію, які виникають унаслідок змінення температури (згідно з 8.5.4.3) та діють на нерухомі опорні частини, можна визначити так:

– для мостів із безстиковими (зварними) рейками на обох кінцях мостового настилу та з нерухомими опорними частинами на одному кінці мостового настилу:

$$F_{Тк} \text{ (кН)} = \pm 0,6 k \times L_T, \quad (8.23)$$

де

k (кН/м) – пластичний опір зсуву в поздовжньому напрямку колії на одиницю довжини згідно з 8.5.4.4(2) для ненавантаженої колії,

L_T (м) – довжина ділянки розширення згідно з 8.5.4.2(1).

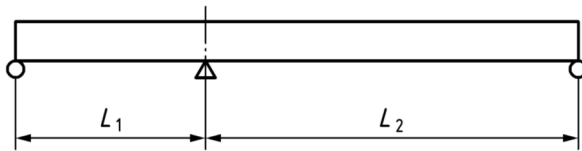
– для мостів із безстиковими (зварними) рейками на обох кінцях настилу та нерухомими опорними частинами, розташованими на відстані L_1 від одного кінця настилу та L_2 – від іншого кінця настилу:

$$F_{Tk} \text{ (кН)} = \pm 0,6 k \times (L_2 - L_1), \quad (8.24)$$

де

k (кН/м) – пластичний опір зсуву в поздовжньому напрямку колії на одиницю довжини згідно з 8.5.4.4(2) для ненавантаженої колії;

L_1 (м) та L_2 (м) – визначають згідно з рисунком 8.20.



Примітка. Частина настилу, що відповідає умовам щодо L_1 чи L_2 , може мати один чи кілька прогонів

Рисунок 8.20 – Мостовий настил, нерухомі опорні частин якого розташовані не на одному кінці

– для мостів із безстиковими (зварними) рейками на кінці настилу з нерухомими опорними частинами та розширювальними пристроями для рейок на вільному кінці настилу:

$$F_{Tk} \text{ (кН)} = \pm 20 \text{ (кН/м)} \times L_T, \text{ але } F_{Tk} \leq 1100 \text{ кН}, \quad (8.25)$$

де

L_T (м) – довжина ділянки розширення згідно з 8.5.4.2(1).

– для мостових настилів із розширювальними пристроями для рейок на обох кінцях:

$$F_{Tk} = 0 \quad (8.26)$$

Примітка. Альтернативні значення k може бути вказано в Національному додатку.

(5) Характеристичні значення спричинених деформацією настилу поздовжніх сил F_{Qk} з розрахунку на колію (за наявних нерухомих

опорних частин) можна отримати за поданими нижче формулами (8.27) та (8.28):

– для мостів із безстиковими (зварними) рейками на обох кінцях настилу та нерухомими опорними частинами на одному кінці настилу, а також з розширювальними пристроями для рейок на вільному кінці настилу:

$$F_{Qk} \text{ (кН)} = \pm 20 \text{ (кН/м)} \times L, \quad (8.27)$$

де

L (м) – довжина першого прогону в зоні нерухомої опорної частини.

– для мостів із розширювальними пристроями для рейок на обох кінцях настилу:

$$F_{Qk} \text{ (кН)} = 0 \quad (8.28)$$

(6) Вертикальне переміщення верхньої поверхні настилу відносно суміжної конструкції (берегової опори чи іншого настилу) внаслідок змінних дій допустимо обчислювати без урахування сумісної реакції конструкції і колії, перевіряючи на відповідність критеріям, визначеним у 8.5.4.5.2(3).

8.6 Аеродинамічні дії внаслідок проїзду потягів

8.6.1 Загальні положення

(1) Під час проектування конструкцій, розташованих поруч із залізничними коліями або таких, що утворюють над ними перекриття, потрібно враховувати аеродинамічні дії внаслідок проїзду потягів.

Примітка 1. Дії, визначені в цьому розділі, відповідають положенням EN 14067-4, з якого можна отримати детальнішу інформацію.

Примітка 2. Проїзд залізничного транспорту спричиняє на будь-яку конструкцію, розташовану поблизу колії, дію у вигляді рухомої хвилі змінного тиску

та розрідження (див. рисунки 8.21–8.24). Величина цієї дії залежить великою мірою від:

- значення швидкості потяга в квадраті (квадрата швидкості);
- аеродинамічної форми потяга;
- форми конструкції;
- розташування конструкції, зокрема, відстані між транспортним засобом і конструкцією.

(2) Аеродинамічні дії, що виникають під час проїзду потяга, може бути подано як еквівалентні навантаги, прикладені до конструкції поблизу переднього та заднього кінців потяга, для перевірення відповідності умовам граничних станів за несною здатністю, експлуатаційною придатністю та втомною міцністю.

(3) Оцінювання тиску можна виконати також за допомогою числового моделювання, дотримуючи вимог, визначених у 6.1.2.4 EN 14067-4:2013+A1:2018.

(4) Характеристичні значення еквівалентних навантаг подано в 8.6.2–8.6.6. Додаткові характеристичні значення еквівалентних навантаг можна застосовувати, ґрунтуючись на вимірюваннях, розрахунках чи моделях, згідно з визначеними вимогами компетентного органу влади або, якщо такі вимоги не визначено, вимогами щодо конкретного проєкту, які узгоджено відповідними сторонами-учасниками.

Примітка. Альтернативні значення може бути встановлено в Національному додатку.

(5) Згідно з 8.6.2–8.6.6 застосовувану швидкість потяга, V_{tr} , яка становить до 350 км/год, визначають як максимальну лінійну швидкість потяга на ділянці, за винятком ситуацій, охоплених у A.2.6.6.3(5) EN 1990:2023.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

Зазначене вище посилання на A.2.6.6.3 EN 1990:2023 є помилковим, оскільки такого пункту не існує. У додатку А EN 1990:2023 відповідним пунктом варто вважати A.2.9.4.3, у якому розглянуто критерії комфортності для пасажирів та регламентовано впливи швидкості потяга на динамічні ефекти.

(6) На початку та в кінці конструкцій, розташованих поряд із коліями, на ділянці завдовжки 5 м (виміряній паралельно коліям) від початку та кінця конструкції еквівалентні навантаги, визначені згідно з 8.6.2–8.6.6, помножують на коефіцієнт динамічності 2,0.

Примітка 1. Альтернативні значення коефіцієнта динамічності може бути встановлено в Національному додатку.

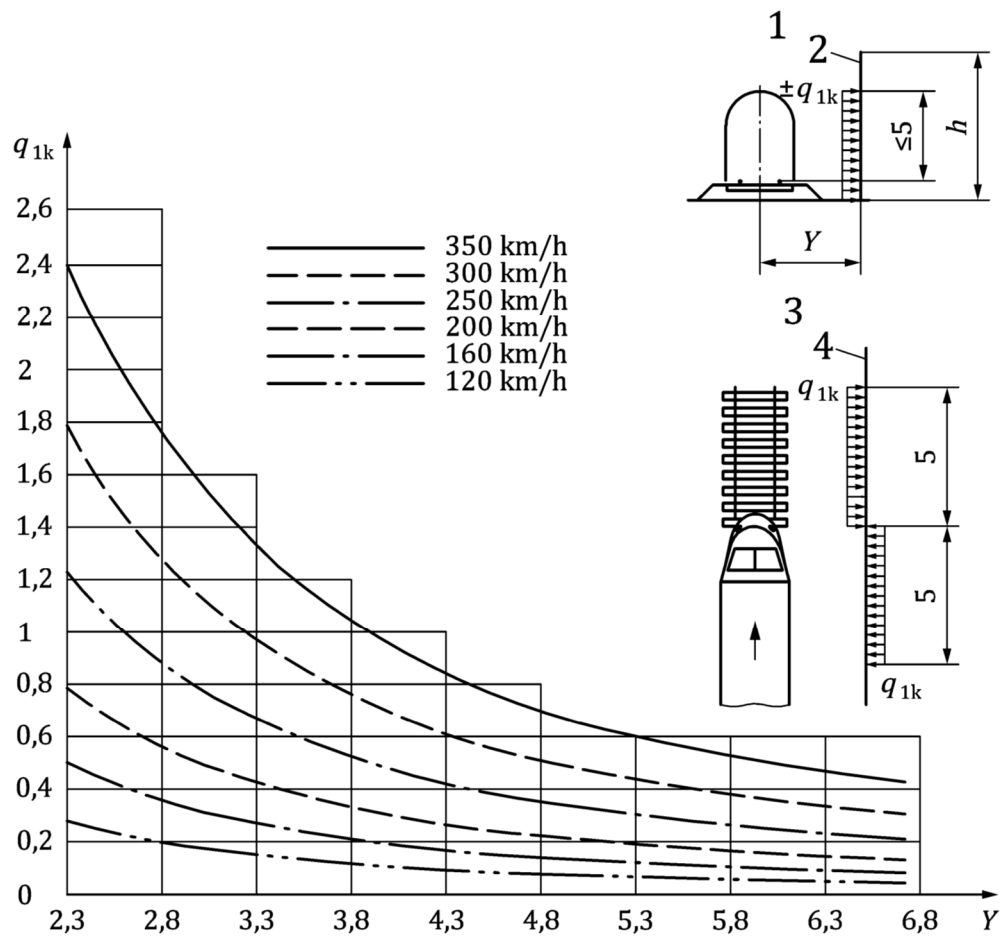
Примітка 2. Для конструкцій, сприйнятливих до динамічних дій (схильних до резонансних явищ), існує суттєвий ризик, що зазначений коефіцієнт динамічності буде недостатнім за умов періодичної змінної дії аеродинамічних імпульсів додатного і від'ємного тиску. Коефіцієнт динамічності та область застосовності його значень уздовж конструкції може бути визначено спеціальним дослідженням з урахуванням динамічних характеристик конструкції, включно з умовами обпирання кінців конструкції, швидкістю руху залізничного транспорту поряд із конструкцією та відповідними аеродинамічними діями, а також динамічною реакцією конструкції, включно зі швидкістю хвилі, яка спричиняє виникнення прогину в конструкції. Крім того, для конструкцій, схильних до резонансних явищ, може виникнути потреба застосувати коефіцієнт динамічності до ділянок між початком і кінцем конструкції.

8.6.2 Прості вертикальні елементи конструкцій із поверхнями, паралельними до залізничної колії (наприклад, шумові бар'єри)

8.6.2.1 Загальні положення

(1) Характеристичні значення дій, $\pm q_{1k}$, можна визначити за формулою (8.29), застосовуючи графічне подання на рисунку 8.21.

Розміри в метрах



Умовні позначки:

- 1 – розріз;
- 2 – поверхня конструкції;
- 3 – вид зверху;
- 4 – поверхня конструкції

Рисунок 8.21 – Характеристичні значення дій, q_{1k} , для простих вертикальних елементів конструкцій із поверхнями, паралельними залізничній колії

$$q_{1k} = \frac{\rho v_{tr}^2}{2} c_{p1}, \quad (8.29)$$

де

ρ – густина повітря, значення якої в загальній ситуації можна прийняти як таке, що дорівнює $1,25 \text{ кг/м}^3$;

v_{tr} – швидкість потяга (м/с);

C_{p1} – аеродинамічний коефіцієнт, що залежить від відстані від осі колії Y , який визначають за формулою (8.30):

$$C_{p1} = \frac{2,5}{(Y + 0,25)^2} + 0,02, \quad (8.30)$$

де

Y – горизонтальна відстань у метрах між осьюовою лінією колії та вертикальною поверхнею. Ця формула застосовна за умови $Y \geq 2,3$ м, за коротших відстаней виконують спеціальне дослідження.

Значення q_{1k} із формули (8.29) помножують на коефіцієнт k_1 , коефіцієнт (аеродинамічної) форми потяга, значення якого становлять:

$k_1 = 1,00$ для вантажних потягів;

$k_1 = 0,85$ для пасажирських потягів;

$k_1 = 0,60$ для швидкісних потягів, що мають форму з дуже хорошими аеродинамічними властивостями й рухаються з максимальною допустимою швидкістю, яка дорівнює чи перевищує 250 км/год.

(2) Якщо розглядають невелику частину стіни заввишки $\leq 1,00$ м та завдовжки $\leq 2,50$ м, наприклад, елемент шумозахисної стіни, значення дій q_{1k} збільшують на коефіцієнт $k_2 = 1,3$.

8.6.2.2 Модель квазістатичної еквівалентної навантаги для шумових бар'єрів

8.6.2.2.1 Вимоги щодо застосування

(1) Вплив повітряної хвилі тиску, спричиненої проїздом потяга, можна визначити, застосовуючи зазначену модель квазістатичної еквівалентної навантаги для шумових бар'єрів, подану в цьому пункті, за дотримання таких критеріїв:

– статично визначувана конструкція зі стояків і панелей;

- відстань між стояками $\leq 7,50$ м;
- висота екрана над рівнем головки рейки $\leq 5,00$ м;
- скручування панелей є несуттєвим;
- відсутні додаткові динамічні дії.

(2) У разі невідповідності цим вимогам потрібно отримати додаткові дані, застосовуючи числові методи (наприклад, динамічний розрахунок із використанням відповідної моделі навантаги).

8.6.2.2.2 Квазістатична еквівалентна навантага

(1) Квазістатичну еквівалентну навантагу обчислюють за формулою (8.31):

$$\pm q_{DS} = \varphi_L \times \varphi_H \times \Phi_{nb} \times q_{1k}, \quad (8.31)$$

де

$\pm q_{DS}$ – квазістатична навантага, спричинена повітряною хвилею тиску від проїзду потяга на висоті z над рівнем головки рейки, з урахуванням довжини ділянки впливу, висоти вертикальної поверхні конструкції (екрана) та коефіцієнта динамічності;

φ_L – коефіцієнт довжини, який враховує довжину ділянки впливу повітряної хвилі тиску;

φ_H – коефіцієнт висоти, який враховує висоту вертикальної поверхні конструкції (екрана) та розташування навантаги над головою рейки;

Φ_{nb} – коефіцієнт динамічності, який відображає динамічне посилення, обумовлене реакцією статично визначуваних конструкцій зі стояків і панелей;

q_{1k} – навантага згідно з 8.6.2, без урахування коефіцієнта k_2 . Залежно від форми потяга, q_{1k} може бути помножено на коефіцієнт k_1 .

(2) Навантагу q_{DS} потрібно завжди застосовувати так само, як і навантагу q_{1k} , у формі лінійної навантаги за довжини по горизонталі 5 м з кожного боку в протилежних напрямках згідно з 8.6.2, за відповідного розташування навантаги для розрахунку максимальних зусиль і моментів у головних конструкційних елементах шумового бар'єра – конструкції зі стояків і панелей. Варто зазначити, що на відміну від q_{1k} , навантага q_{DS} має змінне значення, що залежить від висоти над рівнем головки рейки.

(3) Відповідне розташування для $\pm q_{DS}$ у моделі навантаги подано в 6.2–6.5 EN 16727-2-2:2016.

8.6.2.2.3 Коефіцієнт довжини

(1) Коефіцієнт довжини подано в таблиці 8.11.

(2) Для проміжних значень L_i та h у таблиці 8.11 значення φ_L потрібно визначити, використовуючи метод лінійної інтерполяції.

Таблиця 8.11 – Коефіцієнт довжини φ_L

Довжина ділянки впливу, м	Висота вертикальної поверхні конструкції над рівнем головки рейки, м				
L_i	1	2	3	4	5
0,0	0,97	1,12	1,27	1,42	1,56
2,5	0,95	1,10	1,25	1,40	1,54
5,0	0,92	1,06	1,20	1,35	1,49
7,5	1,02	1,18	1,33	1,49	1,65
10,0	1,21	1,40	1,59	1,78	1,97
12,5	1,44	1,66	1,88	2,11	2,33
15,0	1,69	1,95	2,21	2,47	2,73
Для панелей: довжина ділянки впливу L_i дорівнює довжині прогону, м.					
Для стояків: довжина ділянки впливу L_i дорівнює сумі значень довжини прогонів суміжних панелей, паралельних колії, м.					

8.6.2.2.4 Коефіцієнт висоти

(1) Коефіцієнт висоти подано в таблиці 8.12.

(2) Для проміжних значень z/h та h у таблиці 8.12 значення φ_H потрібно визначити, використовуючи метод лінійної інтерполяції.

Таблиця 8.12 – Коефіцієнт висоти φ_H

z/h	Висота вертикальної поверхні конструкції над рівнем головки рейки, м				
	1	2	3	4	5
1,0	0,69	0,65	0,60	0,55	0,51
0,9	0,75	0,71	0,68	0,64	0,60
0,8	0,80	0,77	0,74	0,71	0,68
0,7	0,85	0,83	0,80	0,78	0,76
0,6	0,89	0,87	0,86	0,84	0,82
0,5	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
0,4	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92
0,3	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96
0,2	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98
0,1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

z = висота над рівнем головки рейки, в метрах, для обчислення квазістатичної еквівалентної навантаги.

У разі висоти $z < 0$ за припущенням приймають $\varphi_H = 1,00$

(3) Значення, подані в таблиці 8.12, визначено із застосуванням формули (8.32), за допомогою якої також можна визначити коефіцієнт висоти:

$$\varphi_H = 1 - (1 - \varphi_{H1}) \times (z/h)^2, \quad (8.32)$$

де

φ_{H1} – значення φ_H для співвідношення $z/h = 1,0$.

8.6.2.2.5 Коефіцієнт динамічного посилення

(1) Коефіцієнт динамічного посилення Φ_{nb} подано на рисунку 8.22.

(2) Коефіцієнт динамічного посилення Φ_{nb} потрібно обчислювати з точністю до двох знаків після коми.

За умови $0 \leq \kappa_t \leq 0,5$: $\Phi_{nb} = 3,25$

За умови $0,5 \leq \kappa_t \leq 1,5$: $\Phi_{nb} = 1,10 + 2,15 \times (0,735 \times \kappa_t^2 - 2,470 \times \kappa_t + 2,051)$ (8.33)

За умови $\kappa_t > 1,5$: $\Phi_{nb} = 1,10$.

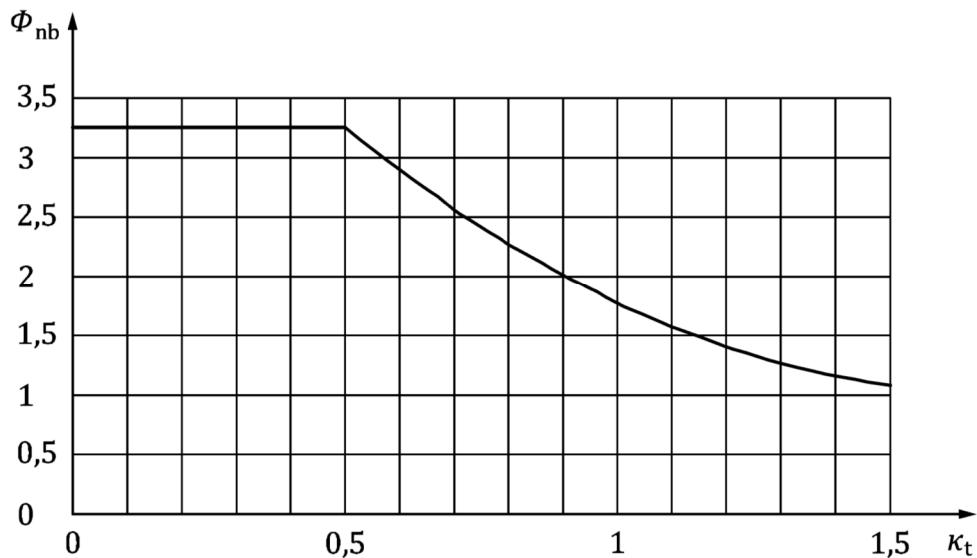


Рисунок 8.22 — Коефіцієнт динамічного посилення, Φ_{nb}

(3) Співвідношення κ_t визначають за формулою (8.34):

$$\kappa_t = s_{DS} \times f / v_{DS}, \quad (8.34)$$

де

s_{DS} — відстань по горизонталі між двома відповідними розташуваннями повітряної хвилі тиску в моделі навантаги за максимальних конструкційних реакцій, у метрах. Вона залежить від довжини ділянки впливу, яку зазначено в таблиці 8.13.

Таблиця 8.13 – Параметр s_{DS}

L_i (м)	0,0	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0
s_{DS} (м)	8,3	8,4	8,8	9,3	10,0	10,8	11,8

Для панелей: довжина ділянки впливу L_i дорівнює довжині прогону, м.

Для стояків: довжина ділянки впливу L_i дорівнює сумі значень довжини прогонів суміжних панелей, паралельних колії, м.

v_{DS} – швидкість потяга (м/с) (розрахункова швидкість руху на залізничній лінії);

f – перша власна частота коливань стінової системи, Гц.

(4) Першу власну частоту стінової системи має бути визначено з урахуванням усіх відповідних параметрів.

(5) Коефіцієнт динамічного посилення, Φ_{nb} , потрібно розрахувати для різних конструкційних сегментів з використанням власної частоти стінової системи й довжини ділянки впливу, L_i , відповідного стінового сегмента.

(6) У розрахунку має бути розглянуто такі умови:

а) у разі зміни значення горизонтального динамічного модуля деформації ґрунту по вертикалі має бути прийнято припущення, що значення модуля дорівнює нулю на поверхні землі, лінійно зростає до максимального значення на глибині 3 м, а на більшій глибині надалі залишається постійним. Пальові фундаменти, застосовувані на схилах, потребують спеціального розрахунку з урахуванням зміни напрямку навантаження та нахилу поверхні землі;

б) динамічні параметри фундаменту для проєктування, а також рекомендації у зв'язку з можливою втратою здатності ґрунту обмежувати переміщення верхньої частини палі та способи врахування цього ефекту мають ґрунтуватися на характеристиках і геотехнічних параметрах ґрунту;

с) ступінь обмеження від переміщень шумових бар'єрів, яке забезпечують прилеглі конструкції (наприклад, якщо шумовий бар'єр розміщено на підпірних стінах) потрібно оцінювати з урахуванням жорсткості комбінованої конструкційної системи та деталей анкерного кріплення;

д) шумові бар'єри, виготовлені з залізобетону, має бути перевірено стосовно змінення їхнього стану – починаючи від відсутності тріщин до утворення тріщин під впливом навантаження. Має бути враховано вплив утворених тріщин на жорсткість конструкції;

е) для розрахунку облицювання, прикріпленого до жорстких конструкцій, потрібно використовувати переважно власну частоту коливань окремого елемента, а не власну частоту коливань всієї системи.

(7) З огляду на важливість власної частоти для обчислення коефіцієнта динамічності конструкції рекомендовано визначати розміри шумового бар'єру відповідно до діапазону значень κ_t .

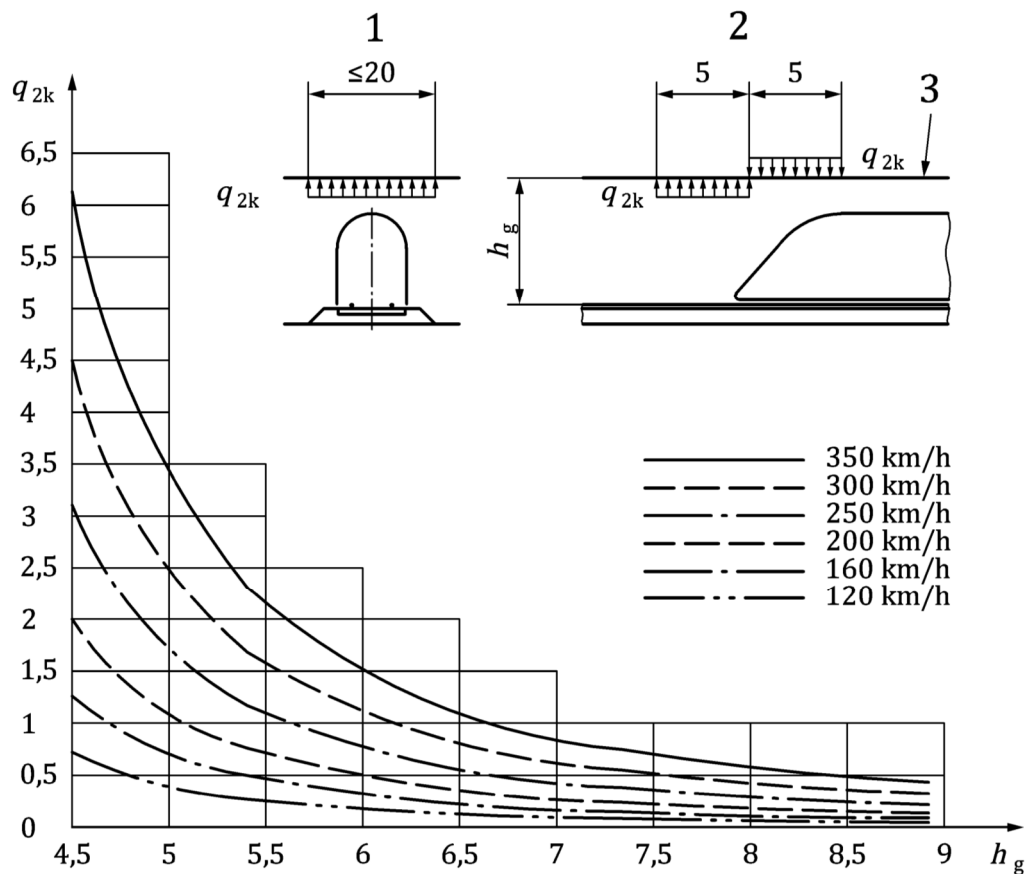
Примітка 1. Для визначення власної частоти коливань можна не виконувати розрахунок, а застосувати максимальне значення коефіцієнта динамічного посилення $\Phi_{nb} = 3,25$, що відповідає екстремальній ситуації.

Примітка 2. Інформацію щодо застосування положень 8.6.2.2.5 можна знайти в EN 16727-2-2.

8.6.3 Прості горизонтальні поверхні конструкцій над залізничною колією (наприклад, захисних навісів)

(1) Характеристичні значення дій, $\pm q_{2k}$, можна визначити за формулою (8.35), застосовуючи графічне подання на рисунку 8.23.

(2) Ширину навантаженої ділянки досліджуваного конструкційного елемента за припущенням приймають таку, що сягає до 10 м у будь-який бік від осьової лінії колії.



Умовні позначки:

- 1 – розріз;
- 2 – вид спереду;
- 3 – нижня поверхня конструкції

Рисунок 8.23 — Характеристичні значення дій q_{2k} для простих горизонтальних поверхонь конструкцій над залізничною колією

$$q_{2k} = \frac{\rho v_{tr}^2}{2} C_{p2}, \quad (8.35)$$

де

C_{p2} – аеродинамічний коефіцієнт, що залежить від висоти розташування поверхні над рівнем головки рейки h , визначений за формулою (8.36);

$$C_{p2} = \frac{2}{(h - 3,10)^2} + 0,015, \quad (8.36)$$

де

h – висота розташування поверхні над рівнем головок рейок, у метрах;

q_{2k} з формули (8.35) помножують на коефіцієнт k_1 .

(3) У ситуації проїзду потягів поряд один з одним (по сусідніх коліях) у протилежних напрямках дії підсумовують і застосовують до потягів, що рухаються щонайбільше двома коліями.

(4) Дії на крайові смуги широкої конструкції, яка перетинає колію (уперек напрямку залізничного руху), за ширини до 1,50 м допустимо помножувати на коефіцієнт 0,75.

8.6.4 Прості горизонтальні поверхні прилеглих до залізничної колії конструкцій (наприклад, навіси над платформою без вертикальних стін)

(1) Характеристичні значення дій, $\pm q_{3k}$, можна визначити за формулою (8.37), використовуючи графічне подання на рисунку 8.24, та застосовувати незалежно від аеродинамічної форми потяга.

$$q_{3k} = \frac{\rho v_{tr}^2}{2} C_{p3}, \quad (8.37)$$

де

C_{p3} визначають за формулою (8.38);

$$C_{p3} = \frac{1,5}{(Y + 0,25)^2} + 0,015, \quad (8.38)$$

де

Y – відстань по горизонталі, у метрах, між осьюовою лінією колії та поверхнею.

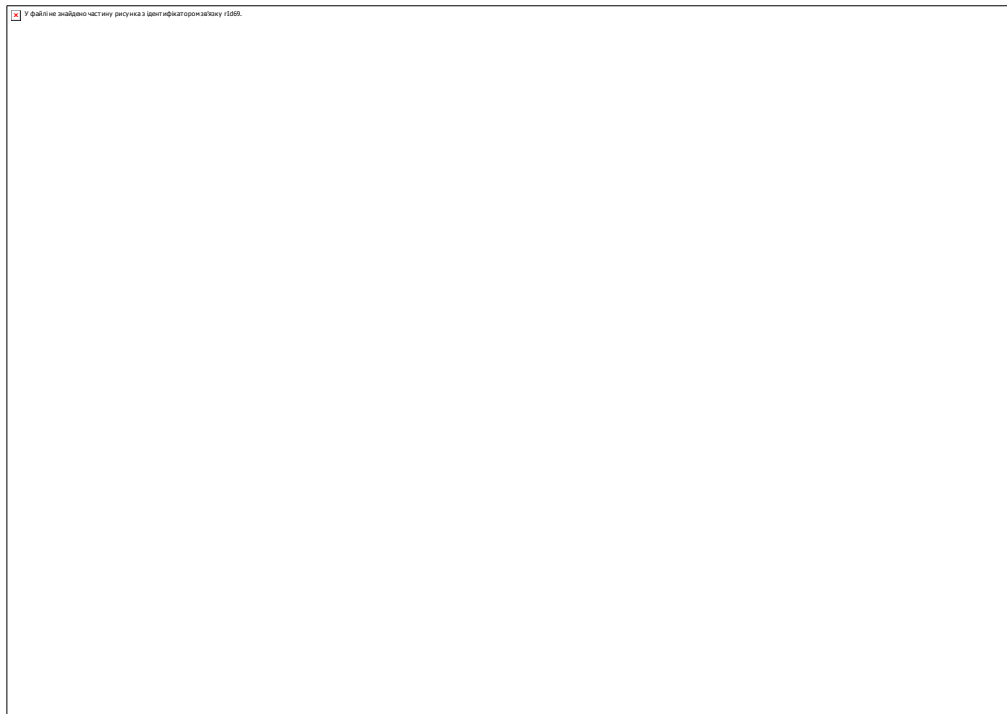
Значення q_{3k} з формули (8.37) помножують на коефіцієнт k_3 , який залежить від h , відстані від рівня головки рейки до нижньої поверхні конструкції, дотримуючи таких умов:

$k_3 = 1,00$ за умови $h \leq 3,8$ м;

$$k_3 = \frac{(7,5 - h)}{3,7} \text{ за умов } 3,8 < h < 7,5 \text{ м;}$$

$$k_3 = 0 \text{ за умови } h \geq 7,5 \text{ м.}$$

(2) Стосовно кожного варіанту розташування уздовж конструкції, яку проєктують, q_{3k} визначають як функцію відстані Y від найближчої колії. Дії підсумовують, якщо колії проходять по обидва боки від розглядуваного елемента конструкції.



Умовні позначки:

1 – розріз;

2 – вид спереду;

3 – нижня поверхня конструкції

Рисунок 8.24 — Характеристичні значення дій q_{3k} для простих горизонтальних поверхонь конструкцій, прилеглих до залізничної колії

8.6.5 Конструкції, розташовані біля залізничної колії, з вертикальними, горизонтальними чи похилими поверхнями (наприклад, вигнуті шумові бар'єри, навіси над платформою з вертикальними стінами тощо)

(1) Характеристичні значення дій $\pm q_{4k}$, подані на рисунку 8.25, застосовують як такі, що відповідають діям, спрямованим перпендикулярно до розглядуваних поверхонь. Значення дій визначають за графіками на рисунку 8.21, приймаючи відстань між коліями як менше з таких значень:

$$Y = 0,6 Y_{\min} + 0,4 Y_{\max} \text{ або } 6 \text{ м}, \quad (8.39)$$

де відстані $Y_{\min}$ та $Y_{\max}$ показано на рисунку 8.25.

(2) Якщо $Y_{\max} > 6 \text{ м}$, використовують значення $Y_{\max} = 6 \text{ м}$.

(3) Застосовують коефіцієнти k_1 та k_2 , визначені у 8.6.2.

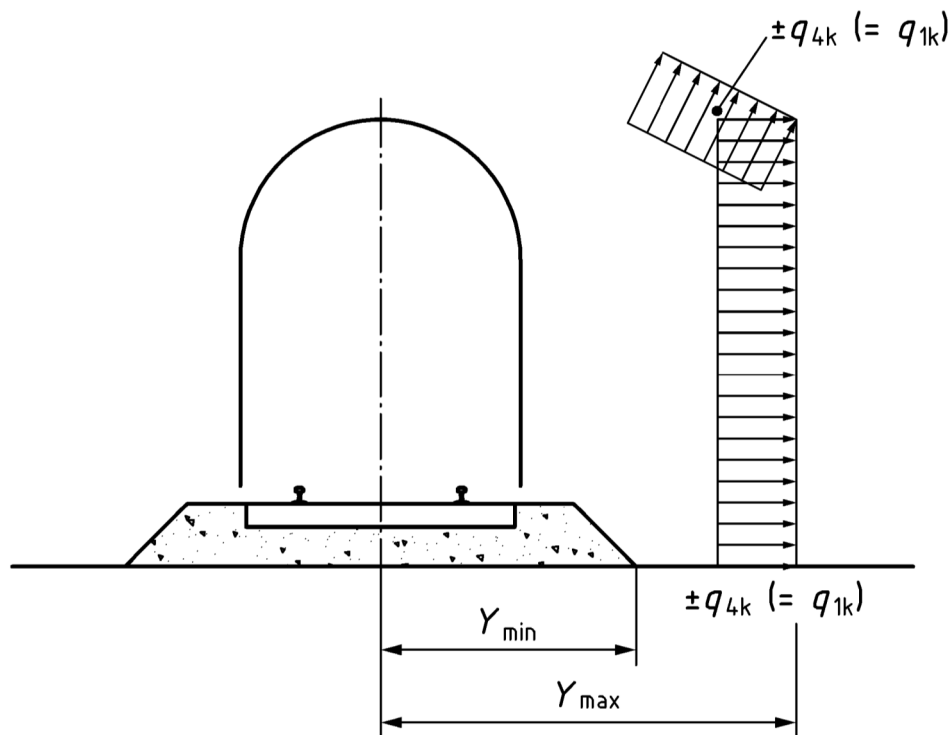


Рисунок 8.25 – Визначення відстані, $Y_{\min}$ та $Y_{\max}$, від осьової лінії залізничної колії

8.6.6 Поверхні конструкцій, що охоплюють габарит залізничної колії на обмеженій довжині (до 20 м): горизонтальна поверхня над колією та принаймні одна вертикальна стіна (наприклад, риштування, тимчасові конструкції)

(1) Незалежно від аеродинамічної форми потяга, потрібно врахувати всі дії:

– по всій висоті вертикальних поверхонь:

$$\pm k_4 q_{1k}, \quad (8.40)$$

де

q_{1k} – визначають згідно з 8.6.2;

k_4 – дорівнює 2.

– по горизонтальних поверхнях:

$$\pm k_5 q_{2k}, \quad (8.41)$$

де

q_{2k} – визначають згідно з 8.6.3 лише для однієї колії;

k_5 – дорівнює 2,5, якщо охоплено одну колію;

дорівнює 3,5, якщо охоплено дві колії.

8.7 Сходження з рейок та інші дії на залізничні мости

8.7.1 Загальні положення: сходження з рейок

(1) Залізничні конструкції проєктують із таким розрахунком, щоб у разі сходження з рейок залізничного транспорту пошкодження моста (зокрема, перекидання чи руйнування всієї конструкції) було зведено до мінімуму.

8.7.2 Дії на залізничний міст внаслідок сходження з рейок залізничного транспорту

(1) Сходження залізничного транспорту з рейок на мосту потрібно розглядати як аварійну розрахункову ситуацію.

(2) Має бути розглянуто дві розрахункові ситуації, якщо інших не визначено компетентним органом влади чи не узгоджено для конкретного проєкту відповідними сторонами-учасниками:

– розрахункова ситуація I: сходження залізничного рухомого складу з рейок, внаслідок чого вагони, що зійшли з рейок, залишаються в зоні колії на мостовому полотні, утримувані суміжною рейкою чи парапетною стінкою;

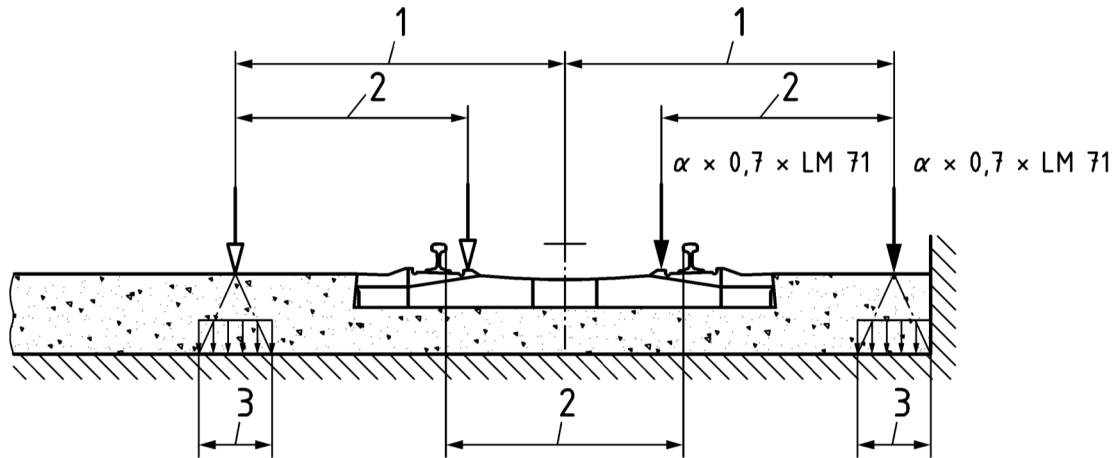
– розрахункова ситуація II: сходження залізничного рухомого складу з рейок, внаслідок чого вагони, що зійшли з рейок, балансують на краю моста й навантажують крайову частину прогонової будови (за винятком неконструкційних елементів, таких як пішохідні доріжки).

Примітка. Розрахункові ситуації, у яких розглядають сходження з рейок, може бути визначено в Національному додатку.

(3) У розрахунковій ситуації I потрібно уникнути руйнування суттєвої частини конструкції. Місцеве пошкодження допустимо. Розглядувані частини конструкції в умовах аварійної розрахункової ситуації має бути запроектовано на тримання таких розрахункових навантаж:

$\alpha \times 1,4 \times LM71$ (разом із прикладеними в заданих точках навантагами та рівномірно розподіленим навантаженням, Q_{A1d} та q_{A1d}), паралельно осі колії, за найнесприятливішого розташування у межах зони, ширина якої дорівнює помноженням на 1,5 габаритам колії з обох боків від осі колії.

До значень розрахункових навантаг у розрахунковій ситуації I коефіцієнт динамічного посилення не застосовують (див. рисунок 8.26).



Умовні позначки:

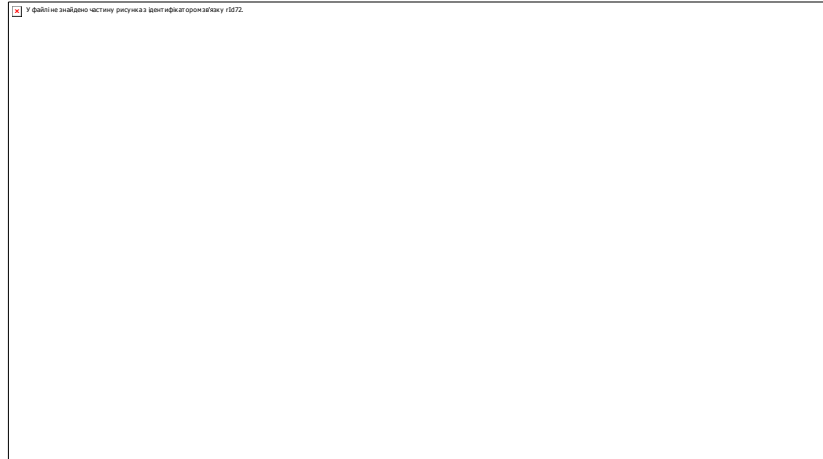
- 1 – щонайбільше $1,5s$ чи менше, якщо біля стіни;
- 2 – габаритна ширина залізничної колії s ;
- 3 – для настилів на баласті можна припустити, що прикладені в заданих точках сили розподілятимуться по площині квадрата зі стороною 450 мм у верхній частині мостового настилу

Рисунок 8.26 – Розрахункова ситуація I: визначення еквівалентної навантаги

Q_{A1d} та q_{A1d}

(4) У розрахунковій ситуації II потрібно, щоб мостова споруда не зазнала руйнування чи не втратила статичну рівновагу. Максимальну загальну довжину 20 м навантаженої ділянки $q_{A2d} = \alpha \times 1,4 \times LM71$ треба розглядати як довжину ділянки рівномірно розподіленої вертикальної лінійної навантаги, що діє на край конструкції, щодо якої виконують розрахунок.

До значень розрахункової навантаги у розрахунковій ситуації II коефіцієнт динамічного посилення не застосовують (див. рисунок 8.27).



Умовні позначки:

1 – навантага, що діє на край конструкції (див. примітку 1);

2 – габаритна ширина колії, s

Рисунок 8.27 – Розрахункова ситуація II: визначення еквівалентної навантаги q_{A2d}

Примітка 1. Якщо не передбачено заходів для забезпечення виступної (консольної) частини конструкції чи пішохідної зони, щоб запобігти її навантаженню внаслідок сходження з рейок транспортного засобу, такий край конструкції за припущенням можна вважати краєм консолі чи пішохідної зони.

Примітка 2. Зазначену еквівалентну навантагу має бути враховано лише для визначення граничної несної здатності або загальної стійкості конструкції.

(5) Розрахункові ситуації I та II потрібно розглядати окремо. Їх комбінація не допустима.

(6) Для тієї колії, яку піддано діям внаслідок сходження з рейок транспортного засобу, інші спричинені залізничним рухом дії у розрахункових ситуаціях I та II не враховують.

Примітка. Вимоги щодо застосування спричинених залізничним рухом дій до інших колій установлено в A.2.6.8 EN 1990:2023.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

Зазначене вище посилання на A.2.6.8 EN 1990:2023 є помилковим, оскільки такого пункту не існує. У додатку A EN 1990:2023 відповідним пунктом варто вважати A.2.7.8, у якому регламентовано

умови врахування залізничного руху на інших коліях у ситуації сходження з рейок потяга.

(7) Заходи щодо обмеження наслідків сходження з рейок, призначені для конструкційних елементів, розташованих вище рівня рейок, визначає компетентний орган влади, або, якщо він не визначив, то їх узгоджують для конкретного проекту відповідні сторони-учасники.

Примітка. Такі заходи може бути встановлено в Національному додатку.

(8) Заходи для утримання на конструкції потяга, що зійшов з рейок, визначає компетентний орган влади, або, якщо він не визначив, то їх узгоджують для конкретного проекту відповідні сторони-учасники.

Примітка. Вимоги щодо утримання на конструкції потяга, що зійшов з рейок, може бути встановлено в Національному додатку.

8.7.3 Дії, спричинені сходженням з рейок під конструкцією чи поряд із нею, та інші дії в аварійних розрахункових ситуаціях

(1) В умовах аварійної розрахункової ситуації враховують дії, зокрема, спричинені сходженням з рейок під конструкцією чи поряд із нею, а також інші аварійні дії.

Примітка 1. Вимоги щодо навантаги внаслідок зіткнення та інші вимоги щодо проектування визначено в EN 1991-1-7.

Примітка 2. У разі сходження з рейок існує ризик, що транспортні засоби, які зійшли з рейок, зіткнуться з конструкціями, розташованими над чи поряд із колією.

8.7.4 Інші дії

(1) У проектуванні конструкції потрібно також врахувати такі дії:

– ефекти, спричинені настилами з нахилом чи опорними поверхнями з нахилом;

– поздовжні анкерні зусилля, що виникають за умов напруження чи розвантаження рейок, відповідно до встановлених вимог;

– поздовжні зусилля, спричинені аварійним руйнуванням рейок, відповідно до встановлених вимог;

– дії від контактної мережі й іншого підвісного устаткування, прикріпленого до конструкції, відповідно до встановлених вимог;

– дії, спричинені іншою залізничною інфраструктурою та устаткуванням, відповідно до встановлених вимог.

(2) Вимоги щодо інших дій та аварійних розрахункових ситуацій може визначити компетентний орган влади або, якщо він їх не визначив, їх можуть узгодити для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

Примітка. Вимоги щодо інших дій та аварійних розрахункових ситуацій може бути встановлено в Національному додатку.

8.8 Додаткові правила застосування рухомих навантаг для залізничних мостів

8.8.1 Загальні положення

Примітка. Див. 8.3.2 щодо застосування коефіцієнта α та 8.4.5 щодо застосування коефіцієнта динамічного посилення Φ .

(1) Конструкцію має бути запроєктовано з урахуванням потрібної кількості й розташування колій відповідно до геометричних характеристик та допустимих відхилів, установлених компетентним органом влади чи погоджених для конкретного проєкту відповідними сторонами-учасниками.

Примітка. Розташування колій та допустимі відхилення може бути визначено в Національному додатку.

(2) Конструкцію проєктують також із розрахунком на максимальну можливу кількість колій, допустиму з огляду на геометричні характеристики та конструктивне рішення, за найнесприятливішого розташування, незалежно від фактичного розміщення запроєктованих

колій, з урахуванням мінімального інтервалу між коліями та вимог щодо габариту конструкції, установлених компетентним органом влади або погоджених для конкретного проєкту відповідними сторонами-учасниками.

Примітка. Мінімальний інтервал між коліями та вимоги щодо габариту конструкції може бути визначено в Національному додатку.

(3) Ефекти від усіх дій потрібно визначати за найбільш несприятливого розташування рухомих навантаг і прикладених сил. Дії, що спричиняють розвантажувальний ефект, не враховують.

(4) Якщо потрібен динамічний розрахунок згідно з 8.4.4, міст має бути запроектовано також з урахуванням навантаження від «реальних потягів» та моделі навантаги HSLM, якщо це передбачено згідно з 8.4.6.1.1. Визначення найнесприятливіших ефектів навантаги від «реальних потягів» та застосування моделі навантаги HSLM має бути здійснено згідно з 8.4.6.1.1(6) та 8.4.6.5(3).

(5) Для перевіряння на відповідність умовам щодо деформацій та коливань має бути застосовано вертикальні навантаги:

- модель навантаги 71, та, за потреби, моделі навантаги SW/0 і SW/2;

- модель навантаги HSLM, якщо це передбачено згідно з 8.4.6.1.1;

- конфігурації «реальних потягів» для визначення динамічної поведінки за умов резонансу чи надмірних коливань мостового настилу, якщо це передбачено згідно з 8.4.6.1.1.

(6) Для мостових настилів, які сприймають навантаження від одної чи більше колій, перевіряння на відповідність умовам щодо граничних прогинів і коливань потрібно проводити, розглядаючи відповідну кількість колій в умовах завантаження усіма застосовними

діями від руху транспорту згідно з таблицею 8.14 (NDP). Якщо встановлено вимогу згідно з 8.3.2(3), потрібно врахувати класифіковані навантаги.

(7) Вимоги щодо кількості навантажених колій, які розглядають, виконуючи перевіряння відповідності системи водовідведення та габаритних характеристик конструкції, може визначити компетентний орган влади або можуть узгодити для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

Примітка. Вимоги щодо кількості колій, які розглядають як завантажені під час перевіряння відповідності системи водовідведення і габаритних характеристик конструкції, може бути визначено в Національному додатку.

Таблиця 8.14 (NDP) – Кількість колій, які має бути розглянуто за умов навантаження для перевіряння відповідності умовам щодо граничних прогинів і коливань

Граничний стан та пов'язані з ним критерії прийнятності	Кількість колій на мосту		
	1	2	≥ 3
Перевіряння безпеки руху:			
Скручування мостового настилу (A.2.8.4.2.2, EN 1990:2023)	1	1 чи 2 ^a	1 чи 2 чи 3 чи більше ^b
Вертикальне переміщення мостового настилу (A.2.8.4.2.3, EN 1990:2023)	1	1 чи 2 ^a	1 чи 2 чи 3 чи більше ^b
Поперечне переміщення і коливання мостового настилу (A.2.8.4.2.4, EN 1990:2023,)	1	1 чи 2 ^a	1 чи 2 чи 3 чи більше ^b
Взаємодія конструкції та колії, спричинена змінними діями, охоплюючи граничні умови вертикального й поздовжнього переміщення кінця настилу (8.5.4)	1	1 чи 2 ^a	1 хb 2 ^a
Вертикальне прискорення мостового настилу (8.4.6 цього стандарту, а також A.2.8.4.2.1 EN 1990:2023)	1	1 ^c	1 ^c

Кінець таблиці 8.14 (NDP)

Граничний стан та пов'язані з ним критерії прийнятності	Кількість колій на мосту		
	1	2	≥ 3
Перевіряння відповідності умовам граничного стану експлуатаційної придатності (SLS)			
Критерії комфортності пасажирів (A.2.8.4.3 EN 1990:2023)	1	1	1
Перевіряння відповідності умовам граничного стану за несною здатністю (UL S):			
Підйом настилу над опорними частинами (A.2.8.4.1(2) EN 1990:2023)	1	1 чи 2 ^a	1 чи 2 чи 3 чи більше ^b
^a Обирають варіант, що створює найнесприятливіші умови. ^b Кількість колій, які має бути розглянуто за умов навантаження (зокрема, щодо груп навантаг), визначають згідно з таблицею 8.15 (NDP). ^c Зазвичай 1, див. 8.4.6.1.2.			

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

Зазначені у таблиці 8.14 (NDP) посилання на A.2.8.4.2.2, A.2.8.4.2.3, A.2.8.4.2.4, A.2.8.4.2.1, A.2.8.4.3, A.2.8.4.1 EN 1990:2023 є помилковими, оскільки таких пунктів не існує. У додатку А EN 1990:2023 відповідними посиланнями варто вважати: замість A.2.8.4.2.2 пункт A.2.9.4.2.2; замість A.2.8.4.2.3 – A.2.9.4.2.3; замість A.2.8.4.2.4 – A.2.9.4.2.4; замість A.2.8.4.2.1 – A.2.9.4.2.1; замість A.2.8.4.3 – з A.2.9.4.3.1 по A.2.9.4.3.3; замість A.2.8.4.1(2) – A.2.9.4.1(2) та A.2.9.4.2.5.

8.8.2 Групи навантаг: характеристичні значення багатокомпонентної дії

(1) Одночасно прикладені навантаги, визначені у 8.3–8.5 та 8.6, можна врахувати, розглянувши групи навантаг, які визначено в таблиці 8.15 (NDP). Кожну з цих груп навантаг, які є взаємно

виключними, розглядають як окрему змінну характеристичну дію у комбінації з діями, не пов'язаними з рухом транспорту. Кожну групу навантаг застосовують як одну змінну дію.

(2) У деяких ситуаціях потрібно враховувати інші застосовні комбінації окремих несприятливих дій, спричинених рухом транспорту. Див. A.2.6.6(4) EN 1990:2023.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

Зазначене вище посилання на A.2.6.6 EN 1990:2023 є помилковим, оскільки такого пункту не існує. У додатку А EN 1990:2023 відповідним пунктом варто вважати A.2.7.6.2, у якому розглянуто комбінації окремих несприятливих дій, спричинених рухом транспорту

(3) Характеристичні значення окремих дій, що входять до кожної групи навантаг, помножують на відповідний коефіцієнт.

Примітка. Якщо інше не вказано в Національному додатку, застосовують відповідні коефіцієнти для дій у групах навантаг із таблиці 8.15 (NDP).

(4) Якщо групи навантаг не розглядають, дії від залізничного руху потрібно поєднувати у комбінації згідно з таблицею A.2.9 EN 1990:2023.

Таблиця 8.15 (NDR) – Оцінювання груп навантаг від залізничного руху (характеристичні значення багатокомпонентних дій)

Кількість колій на конструкції	Групи навантаг			Вертикальні сили		Горизонтальні сили			Пояснення
	Посилання на пункти EN 1991-2			8.3.2/ 8.3.3	8.3.3	8.3.4	8.5.3	8.5.1	8.5.2
1	2	3	Кількість навантажених колій	Група навантаження	Навантаження	Ненавантажений потяг	Тяга, гальмування ^a	Відцентрова сила ^a	Сила бічного тиску коліс ^a
			1	gr11	T ₁		1 ^e	0,5 ^e	0,5 ^e
			1	gr12	T ₁		0,5 ^e	1 ^e	1 ^e
			1	gr13	T ₁		1	0,5 ^e	0,5 ^e
			1	gr14	T ₁		0,5 ^e	1	1
			1	gr15	T ₁	1		1 ^e	1 ^e

Продовження таблиці 8.15 (NDR)

Кількість колій на конструкції	Групи навантаг			Вертикальні сили			Горизонтальні сили			Пояснення	
	Посилання на пункти EN 1991-2			8.3.2/8.3.3	8.3.3	8.3.4	8.5.3	8.5.1	8.5.2		
1	2	≥3	Кількість навантажених колій	Група навантаження ^h	Навантажена колія	LM71 ^a SW10 ^{a,b} HSLM ^{f,g}	SW/2 ^{a,c}	Ненавантажений потяг	Тяга, гальмування ^a	Відцентрова сила ^a	Сила бічного тиску коліс ^a
			1	gr16	T ₁		1		1 ^e	0,5 ^e	0,5 ^e
			1	gr17	T ₁		1		0,5 ^e	1 ^e	1 ^e
			2	gr21	T ₁ T ₂		1 1		1 ^e 1 ^e	0,5 ^e 0,5 ^e	0,5 ^e 0,5 ^e
			2	gr22	T ₁ T ₂		1 1		0,5 ^e 0,5 ^e	1 ^e 1 ^e	1 ^e 1 ^e
			2	gr23	T ₁ T ₂		1 ^d 1 ^d		1 1	0,5 ^e 0,5 ^e	0,5 ^e 0,5 ^e

Продовження таблиці 8.15 (NDR)

Кількість колій на конструкції	Групи навантаг			Вертикальні сили			Горизонтальні сили			Пояснення
	Посилання на пункти EN 1991-2			8.3.2/ 8.3.3	8.3.3	8.3.4	8.5.3	8.5.1	8.5.2	
1	2	≥3	Кількість навантажених колій	Група навантаження	LM71 ^a SW/O ^{a,b} HSLM ^{f,g}	SW/2 ^{a,c}	Ненавантажений потяг	Тяга, гальмування ^a	Відцентрова сила ^a	Сила бічного тиску коліс ^a
			2	T ₁ T ₂	1 ^d 1 ^d			0,5 ^e 0,5 ^e	1 1	Максимальна поперечна дія
			2	T ₁ T ₂	1 1	1		1 ^e 1 ^e	0,5 ^e 0,5 ^e	SW/2 у поєднанні з максимальною поздовжньою дією
			2	T ₁ T ₂	1 1	1		0,5 ^e 0,5 ^e	1 ^e 1 ^e	SW/2 у поєднанні з максимальною поперечною дією
			≥ 3	T _i	0,75 0,75			0,75 ^e	0,75 ^e	Додаткове сполучення навантаг
	Домінантна складова дія, якщо застосовно.									
	Має бути враховано під час проектування конструкції, на якій прокладено одну колію (групи навантаг 11–17)									
	Має бути враховано під час проектування конструкції, на якій прокладено дві колії (групи навантаг 11–27, крім 15). Кожну з двох колій потрібно розглядати як T ₁ (колія 1) або T ₂ (колія 2)									

Кінець таблиці 8.15 (NDP)

Кількість колій на конст-рукції			Групи навантаг		Вертикальні сили			Горизонтальні сили			Пояснення
1 2 ≥3			Посилання на пункти EN 1991-2		8.3.2/ 8.3.3	8.3.3	8.3.4	8.5.3	8.5.1	8.5.2	
			Кількість наванта-жених колій	Група наван-таги ^h	Наванта-жена колія	LM71 ^a SW/0 ^{a,b} HSLM ^{f,g}	SW/2 ^{a,c}	Ненаван-тажений потяг	Тяга, гальму-вання ^a	Відцент-рова сила ^a	Сила бічного тиску коліс ^a
Має бути враховано під час проектування конструкції, на якій прокладено три чи більше колій (групи навантаг з 11 по 31, крім 15). Будь-яку одну колію потрібно розглядати як T ₁ , будь-яку іншу колію – як T ₂ , а всі інші колії – не навантажені. Крім того, групу навантаг 31 має бути розглянуто як додаткове сполучення навантаг, за умов якого навантажені всі несприятливі ділянки колії T _i .											
^a Має бути враховано всі застосовні коефіцієнти (α, Φ, f тощо).											
^b Модель навантаги SW/0 має бути застосована лише у разі нерозрізних конструкційних елементів і настипів.											
^c Модель навантаги SW/2 має бути застосована, лише якщо це передбачено для залізничної лінії.											
^d Коефіцієнт допустимо зменшувати до 0,5 у разі сприятливого ефекту, але його значення не може дорівнювати нулю.											
^e За сприятливих сполучень навантаги можуть бути прийняті значення недомінантних дій, що дорівнюють нулю.											
^f Моделі навантаги HSLM та «реального потяга» розглядають у разі потреби згідно з 8.4.4 та 8.4.6.1.1.											
^g Якщо потрібно виконати динамічний розрахунок відповідно до 8.4.4, додатково враховують положення 8.4.6.5(3) та 8.4.6.1.2.											
^h Див. також таблицю A.2.9 EN 1990:2023.											

8.8.3 Групи навантаг: інші репрезентативні значення багатокомпонентних дій

8.8.3.1 Часто повторювані значення багатокомпонентних дій

(1) Якщо враховують групи навантаг, дотримують того самого правила, яке зазначено у 8.8.2(1), застосовуючи у кожній групі навантаг коефіцієнти до часто повторюваних значень, що застосовують у кожній групі навантаг.

Примітка. Якщо в Національному додатку не встановлено інших значень, до часто повторюваних значень багатокомпонентних дій застосовують коефіцієнти з таблиці 8.15 (NDP).

(2) Якщо групи навантаг не використовують, то дії від залізничного руху потрібно комбінувати відповідно до таблиці A.2.9 EN 1990:2023.

8.8.3.2 Квазіпостійні значення багатокомпонентних дій

(1) Квазіпостійні дії, спричинені рухом транспорту, визначають для груп навантаг, ґрунтуючись на квазіпостійних значеннях відповідних дій, розглядуваних у кожній групі навантаг.

Примітка. Якщо в Національному додатку не встановлено інших значень, приймають квазіпостійні значення багатокомпонентних дій, що дорівнюють 0,0.

8.8.4 Рухомі навантаги в перехідних розрахункових ситуаціях

(1) Рухомі навантаги для перехідних розрахункових ситуацій визначає компетентний орган влади або, якщо він не визначив, то їх узгоджують для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

Примітка 1. Рухомі навантаги для перехідних розрахункових ситуацій може бути встановлено в Національному додатку.

Примітка 2. Рекомендації викладено в довідковому додатку F.

8.9 Рухомі навантаги для оцінювання втомних пошкоджень

(1) Оцінювання втомних пошкоджень потрібно виконувати щодо всіх конструкційних елементів, які піддано коливанням напружень.

Примітка. Додаткові вимоги щодо оцінювання втомних пошкоджень мостів за потреби виконання динамічного розрахунку згідно з 8.4.4 у ситуації, що може призвести до завищеного оцінювання динамічних ефектів, подано в 8.4.6.6.

(2) У разі звичайного рухомого складу транспортних засобів, що ґрунтується на характеристичних значеннях моделі навантаги 71, разом із коефіцієнтом динамічного посилення Φ , оцінювання втомних пошкоджень виконують, застосовуючи залізничний рухомий склад (типовий склад потягів, що курсують залізницею), який має визначити компетентний орган влади чи мають узгодити для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники з урахуванням таких умов:

- детальна інформація про експлуатаційні потяги (типові потяги, які експлуатують на залізничній лінії), розглядувані типи залізничного рухомого складу та застосовні коефіцієнти динамічного посилення подано в додатку D;

- рухомий склад залізничного транспорту класифікують за типами «стандартний рухомий склад», «важкий рухомий склад» чи «легкий рухомий склад», залежно від того, чи сприймає конструкція навантаги від рухомого складу змішаного типу чи переважно важкого – для вантажних перевезень або легкого – для пасажирських перевезень.

Примітка 1. Рухомий склад залізничного транспорту може бути визначено у Національному додатку.

Примітка 2. Кожний тип залізничного рухомого складу ґрунтується на річному обсязі 25×10^6 тонн залізничних перевезень, які відбуваються по кожній колії на мосту.

Примітка 3. До важкого рухомого складу відносять транспортні засоби з максимальною осьовою навантагою 250 кН.

(3) Як альтернативний варіант, оцінювання втомних пошкоджень допустимо виконувати з урахуванням рухомого складу спеціального призначення, який визначає компетентний орган влади чи узгоджують для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

Примітка. Рухомий склад спеціального призначення може бути визначено в Національному додатку.

(4) Якщо залізничний рухомий склад не відображає реальний рухомий склад, визначають альтернативний рухомий склад залізничного транспорту, який встановлює компетентний орган влади чи узгоджують для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники, зокрема у таких ситуаціях:

– для умов руху, в яких згідно з 8.3.2(3) потрібно застосувати значення α , більше за одиницю, в особливих ситуаціях, якщо втомлювальне навантаження спричиняють домінантні дії обмеженої кількості типів транспортних засобів.

Примітка. Альтернативний рухомий склад залізничного транспорту може бути встановлено в Національному додатку.

(5) Якщо конструкція сприймає навантаги від кількох колій, то розрахунок на втому потрібно виконувати щонайбільше для двох колій за найнесприятливішого розташування.

(6) Оцінювання втомних пошкоджень виконують упродовж розрахункового строку експлуатації конструкцій.

Примітка. Щодо розрахункового строку експлуатації див. А.2.4 EN 1990:2023.

(7) У розрахунку втомної довговічності враховують вертикальні дії, спричинені залізничним рухомим складом у, разом із динамічними ефектами та відцентровими силами.

(8) Під час оцінювання втомних пошкоджень дії, спричинені боковим тиском коліс, та поздовжні дії допустимо не враховувати, за винятком особливих (надзвичайних) ситуацій.

(9) У деяких особливих (надзвичайних) ситуаціях, наприклад, у разі мостів, що сприймають навантаження від залізничної колії на кінцевих станціях, оцінювання втомних пошкоджень виконують з урахуванням поздовжніх дій.

8.10 Моделі статичної навантаги для геотехнічних споруд: характеристичні значення

8.10.1 Загальні положення

(1) Для розрахунку ефектів навантаги від залізничного рухомого складу, як альтернативу визначеним у 8.3 моделям навантаги від залізничного рухомого складу, до геотехнічних конструкцій можна застосовувати модель навантаги, визначену в цьому підрозділі, за умови підтвердження відповідності (валідації) геотехнічної розрахункової моделі.

Примітка 1. Додаткові правила застосування та положення щодо геотехнічних і заглиблених конструкцій може бути встановлено в Національному додатку.

Примітка 2. Моделі навантаги від залізничного рухомого складу, визначені у 8.3, що охоплюють ефекти зосереджених осьових навантаг, використовують як вихідні моделі для спрощених розрахунків згідно з 8.10.

(2) Потрібно підтвердити відповідність геотехнічної розрахункової моделі вимогам 7.1.1 EN 1997-1.

Примітка. Навантаження розглядають як складову частину геотехнічної розрахункової моделі. Підтвердження відповідності моделі, залежно від геотехнічної категорії, має забезпечувати її придатність для конкретної розрахункової ситуації у межах застосовності моделі. Існує тісний взаємозв'язок між ґрунтом, прикладеною навантагою та методами розрахунку.

(3) Конструкції, розташовані поблизу колії, проєктують з урахуванням вертикального, поздовжнього та поперечного навантаження внаслідок дій, спричинених залізничним рухомим складом.

(4) Щоб отримати класифіковані вертикальні навантаги, потрібно характеристичні значення навантаг, подані у 8.10.2 та 8.10.3, помножити на коефіцієнт α , визначений у 8.3.2.

(5) До рівномірно розподіленої навантаги чи лінійної навантаги, визначених у пунктах 8.10.2 та 8.10.3, не застосовують жодного коефіцієнта динамічності чи динамічного посилення навантаги.

(6) У ситуаціях з одночасним навантаженням кількох колій навантагу застосовують відповідно до 8.3.2(10) чи 8.3.3(8).

(7) Заглиблені конструкції, підпірні стіни та інші геотехнічні конструкції допустимо розраховувати на дію сил тяги та гальмування, розглядаючи безпосередньо прикладені до конструкції ефекти навантаги.

Примітка. Якщо в Національному додатку не встановлено іншого значення чи правил застосування, значення сил тяги та гальмування може бути застосовано згідно з 8.5.3.

8.10.2 Розподілені вертикальні навантаги

(1) Для розрахунку геотехнічних конструкцій схему навантаження та характеристичні значення вертикальних навантаг за конфігурацією моделі навантаги 71, прикладених на рівні 0,70 м нижче поверхні кочення колії, можна приймати як несприятливіший з варіантів (a) чи (b), поданих на рисунку 8.28.

Примітка 1. Якщо в Національному додатку не встановлено іншого, то згідно з рисунком 8.28 приймають значення ширини b , що дорівнює 3 м.

Примітка 2. Якщо в Національному додатку не встановлено іншого значення чи правил застосування, приймають характеристичне значення

зосередженої навантаги $Q_{ek} = 1000$ кН, яку розглядають як розподілену по прямокутній поверхні $6,4 \text{ м} \times b$. За ширини $b = 3$ м ця зосереджена навантага відповідає рівномірно розподіленій навантазі 52 кН/м^2 .

Примітка 3. Якщо в Національному додатку не встановлено іншого значення чи правил застосування, приймають характеристичне значення рівномірно розподіленої навантаги $q_{ek} = 80$ кН/м, яку розглядають як розподілену за шириною b .

(2) Для розрахунку геотехнічних конструкцій схему навантаження та характеристичні значення вертикальних навантаг за конфігурацією визначеної в 8.3.3 моделі навантаги SW/2, прикладених на рівні 0,70 м нижче поверхні кочення колії, допустимо приймати згідно з рисунком 8.28 за рівномірно розподілених навантаг, поданих на рисунку 8.2. Ця навантага є розподіленою за шириною b , як зазначено в примітці 1 до 8.10.2(1).

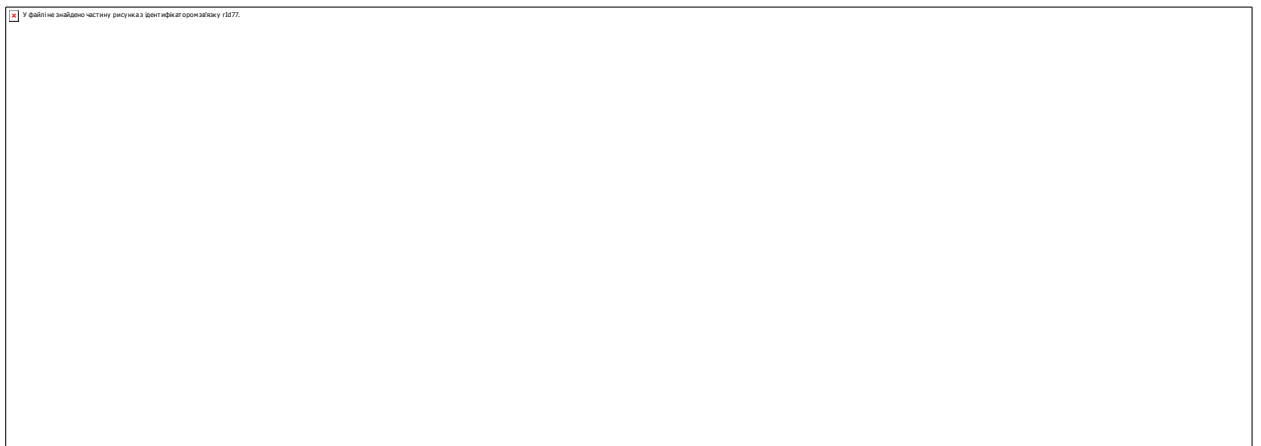


Рисунок 8.28 – Еквівалентна схема навантаження за конфігурацією моделі навантаги 71 для геотехнічних конструкцій: (a , ліворуч) — одинична зосереджена місцева розподілена навантага та рівномірно розподілена навантага з обох боків; (b , праворуч) — одинична зосереджена місцева розподілена навантага та рівномірно розподілена навантага лише з одного боку

(3) Зосереджені навантаги розташовують так, щоб вони спричиняли найнесприятливіший ефект для конструкції.

8.10.3 Визначені спрощеним методом вертикальні навантаги з урахуванням перерозподілу

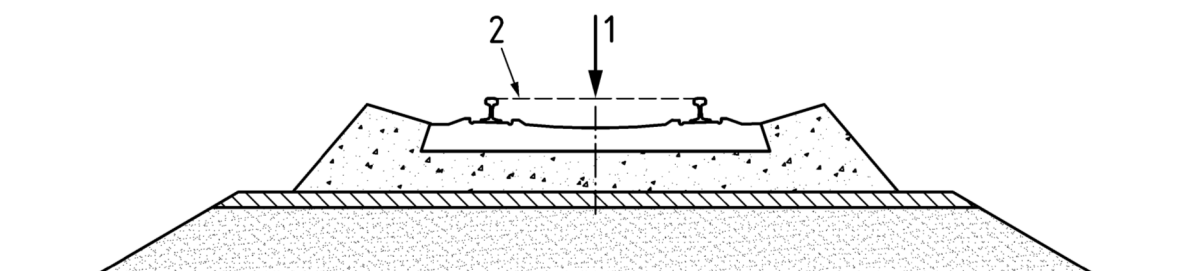
(1) Для геотехнічних конструкцій, які забезпечують перерозподіл зосереджених поверхневих навантаг через ґрунт, або якщо місцеві ефекти не є суттєвими, допустимо застосовувати характеристичну лінійну навантагу $q_{ek,l}$, прикладену в центрі поверхні кочення, як показано на рисунку 8.29.

Примітка 1. Прикладами конструкцій, що забезпечують такий перерозподіл, є насипи та монолітні підпірні стіни.

Примітка 2. Якщо в Національному додатку не встановлено іншого значення чи правил застосування, то, використовуючи модель навантаги 71, приймають значення $q_{ek,l}$, що дорівнює 100 кН/м.

Примітка 3. Якщо в Національному додатку не встановлено іншого значення чи правил застосування, то, використовуючи модель навантаги SW/2, приймають значення $q_{ek,l}$, що дорівнює 150 кН/м. Модель навантаги SW/2 застосовують згідно з 8.3.3.

Примітка 4. Еквівалентна лінійна навантага, визначена спрощеним методом, призводить до завищеної оцінки ефекту порівняно із застосуванням моделей навантаги, поданих у 8.3.



Умовні позначки:

1 – лінійна навантага, $q_{ek,l}$;

2 – поверхня кочення

Рисунок 8.29 – Навантага, спричинена залізничним рухомим складом, змодельована як лінійна навантага $q_{ek,l}$, прикладена в центрі поверхні кочення, застосовувана до геотехнічних споруд, які забезпечують її перерозподіл

(2) Спрощену модель вертикальної навантаги не застосовують, якщо горизонтальна відстань між шпалою залізничної колії та конструкцією менша, ніж задане значення.

Примітка 1. Якщо в Національному додатку не встановлено іншого, приймають значення цієї відстані, що дорівнює 1,0 м.

Примітка 2. Місцеві ефекти можуть бути суттєвими, наприклад, у ситуаціях прикладання осьових навантаг поряд із конструкцією.

ДОДАТОК А

(довідковий)

МОДЕЛІ НАВАНТАГИ ВІД СПЕЦІАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ

А.1 Використання цього додатка

(1) Цей довідковий додаток містить додаткові рекомендації, що доповнюють зміст положень 6.3.4 стосовно стандартизованих моделей навантаги, спричиненої спеціальними транспортними засобами.

Примітка. Цей довідковий додаток містить відкриті для національного вибору параметри, щодо яких відповідні дані має бути подано в Національному додатку. Якщо ж Національний додаток не містить таких даних, може бути застосовано положення цього довідкового додатка.

А.2 Сфера застосування та область застосовних значень

(1) У цьому довідковому додатку подано визначення стандартизованих моделей спеціальних транспортних засобів, які може бути використано під час проєктування автодорожніх мостів.

(2) Визначені у цьому додатку спеціальні транспортні засоби розглядають як такі, що створюють навантаги й спричиняють як загальні, так і місцеві ефекти, подібні тим, що виникають від транспортних засобів, які не відповідають вимогам національних норм щодо обмежень за масою, а можливо, і за габаритами звичайних транспортних засобів.

Примітка. У процесі проєктування мостів спеціальні транспортні засоби розглядають виключно у конкретних ситуаціях.

(3) Цей довідковий додаток містить також рекомендації щодо одночасного застосування на проїзній частині моста спеціальних транспортних засобів та звичайного рухомого складу дорожнього транспорту в конфігурації моделі навантаги 1, визначеної в 6.3.2.

А.3 Базові моделі навантаги від спеціальних транспортних засобів

(1) Базові моделі спеціальних транспортних засобів та їхні умовні позначення подано в таблицях А.1 та А.2, а також на рисунку А.1.

Примітка 1. Базові моделі спеціальних транспортних засобів відповідають різним рівням перевищених (нестандартних) навантаг, які може бути дозволено для рухомого складу транспортних засобів на визначених маршрутах європейської мережі автомобільних доріг.

Примітка 2. За припущенням приймають такі значення ширини транспортних засобів: 3,00 м – за осьових навантаг 150 кН та 200 кН; 4,50 м – за осьової навантаги 240 кН.

Таблиця А.1 – Класи спеціальних транспортних засобів

Сумарна навантага	Конфігурація осьового ряду	Умове позначення
600 кН	4 осьові ряди по 150 кН	600/150
900 кН	6 осьових рядів по 150 кН	900/150
1 200 кН	8 осьових рядів по 150 кН чи 6 осьових рядів по 200 кН	1200/150 1200/200
1 500 кН	10 осьових рядів по 150 кН чи 7 осьових рядів по 200 кН + 1 осьовий ряд 100 кН	1500/150 1500/200
1 800 кН	12 осьових рядів по 150 кН чи 9 осьових рядів по 200 кН	1 800/150 1 800/200
2 400 кН	12 осьових рядів по 200 кН чи 10 осьових рядів по 240 кН чи 6 осьових рядів по 200 кН (інтервал між групами 12 м) + 6 осьових рядів по 200 кН	2 400/200 2 400/240 2 400/200/200
3 000 кН	15 осьових рядів по 200 кН чи 12 осьових рядів по 240 кН + 1 осьовий ряд 120 кН чи 8 осьових рядів по 200 кН (інтервал між групами 12 м) + 7 осьових рядів по 200 кН	3 000/200 3 000/240 3 000/200/200

Кінець таблиці А.1

Сумарна навантага	Конфігурація осьового ряду	Умовне позначення
3 600 кН	18 осьових рядів по 200 кН чи 15 осьових рядів по 240 кН чи 9 осьових рядів по 200 кН (інтервал між групами 12 м) + 9 осьових рядів по 200 кН чи 8 осьових рядів по 240 кН (інтервал між групами 12 м) + 7 осьових рядів по 240 кН	3 600/200 3 600/240 3 600/200/200 3 600/240/240

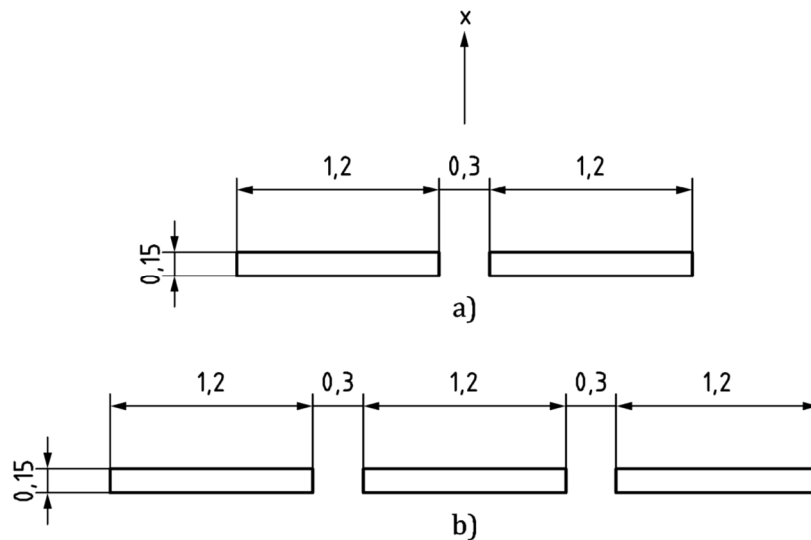
Таблиця А.2 – Технічні характеристики спеціальних транспортних засобів

	Осьові ряди по 150 кН	Осьові ряди по 200 кН	Осьові ряди по 240 кН
600 кН	$n = 4 \times 150$ $e = 1,50$ м		
900 кН	$n = 6 \times 150$ $e = 1,50$ м		
1 200 кН	$n = 8 \times 150$ $e = 1,50$ м	$n = 6 \times 200$ $e = 1,50$ м	
1 500 кН	$n = 10 \times 150$ $e = 1,50$ м	$n = 1 \times 100 + 7 \times 200$ $e = 1,50$ м	
1 800 кН	$n = 12 \times 150$ $e = 1,50$ м	$n = 9 \times 200$ $e = 1,50$ м	
2 400 кН		$n = 12 \times 200$ $e = 1,50$ 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
3 000 кН		$n = 15 \times 200$ $e = 1,50$ 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

Кінець таблиці А.2

	Осьові ряди по 150 кН	Осьові ряди по 200 кН	Осьові ряди по 240 кН
3 600 кН		$n = 18 \times 200$ $e = 1,50 \text{ м}$ $n = 9 \times 200 + 9 \times 200$ $e = 8 \times 1,5 + 12 + 8 \times 1,5$	$n = 15 \times 240$ $e = 1,50 \text{ м}$ $n = 8 \times 240 + 7 \times 240$ $e = 7 \times 1,5 + 12 + 6 \times 1,5$
Примітка. n – кількість осей, помножена на навантагу (кН), що припадає на кожну вісь у відповідній групі; e – інтервал (м) між осями, як у кожній групі, так і між окремими групами.			

Розміри в метрах

*Умовні позначки:*

x – напрямок осі моста;

а) осьові ряди з навантагою від 100 кН до 200 кН;

б) осьові ряди з навантагою 240 кН

Рисунок А.1 – Схема розташування рядів колісних осей та визначення зон контактування коліс

(2) Під час проектування може бути потрібно врахувати один чи кілька типів спеціальних транспортних засобів.

Примітка. Модель навантаги 1 повністю охоплюватиме ефекти стандартизованої моделі з конфігурацією осьового ряду 600/150 за умови, що значення всіх коефіцієнтів α_{Qi} та α_{qi} прийнято такі, що дорівнюють 1.

(3) Моделі, значення навантаги та габарити визначає компетентний орган влади або, якщо він не визначив, їх узгоджують для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

(4) Конкретні моделі, зокрема ті, в яких ураховують надзвичайні ефекти від навантаження загальною масою понад 3600 кН, визначає компетентний орган влади або, якщо він не визначив, їх узгоджують для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

(5) Характеристичні значення навантаги, пов'язані зі спеціальними транспортними засобами, розглядають як номінальні значення та враховують лише в перехідних розрахункових ситуаціях.

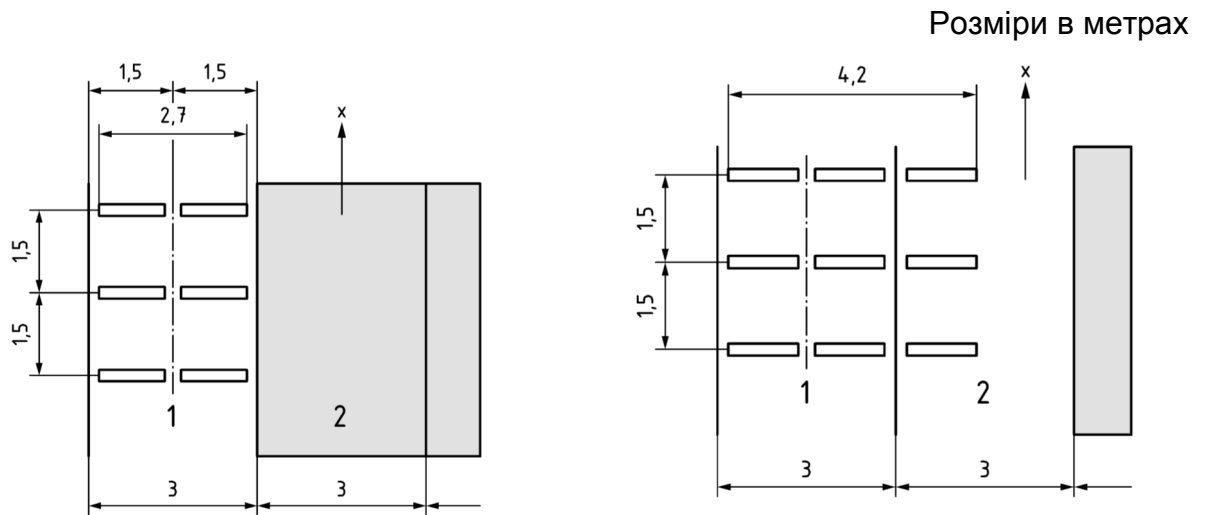
A.4 Застосування моделей навантаги, спричиненої спеціальними транспортними засобами на проїзну частину

(1) Кожну стандартизовану модель застосовують:

– до одної умовної смуги, визначеної у 3.1.2 та 6.2.3 (розглядають як Смугу № 1), у разі моделей із конфігураціями осьових рядів із навантагою по 150 кН чи 200 кН;

– до двох суміжних умовних смуг (розглядають як Смуги № 1 та № 2, див. рисунок A.2) у разі моделей із конфігураціями осьових рядів із навантагою по 240 кН.

(2) Для умовних смуг обирають найбільш несприятливе розташування в межах проїзної частини. У цьому разі ширину проїзної частини допустимо визначати без урахування твердих узбіч, смуг безпеки та розмічальних смуг.



Осьові ряди з навантагою по 150 кН чи
200 кН ($b = 2,70$ м)

Осьові ряди з навантагою по 240 кН
($b = 4,20$ м)

Умовні позначки:

x – напрямок осі моста;

1 – Смуга № 1;

2 – Смуга № 2

Рисунок А.2 – Застосування спеціальних транспортних засобів на умовних смугах

(3) Залежно від розглядуваних моделей, у їхній конфігурації може бути змодельовано рух транспортних засобів із малою швидкістю (щонайбільше 5 км/год) чи з нормальною швидкістю (70 км/год).

(4) Якщо у конфігурації моделі передбачено рух змодельованих навантаг із малою швидкістю, то враховують лише вертикальні навантаги без коефіцієнта динамічності.

(5) Якщо у конфігурації моделі передбачено рух змодельованих навантаг зі звичайною швидкістю, то враховують коефіцієнт динамічності. У цьому разі можна використовувати формулу (А.1):

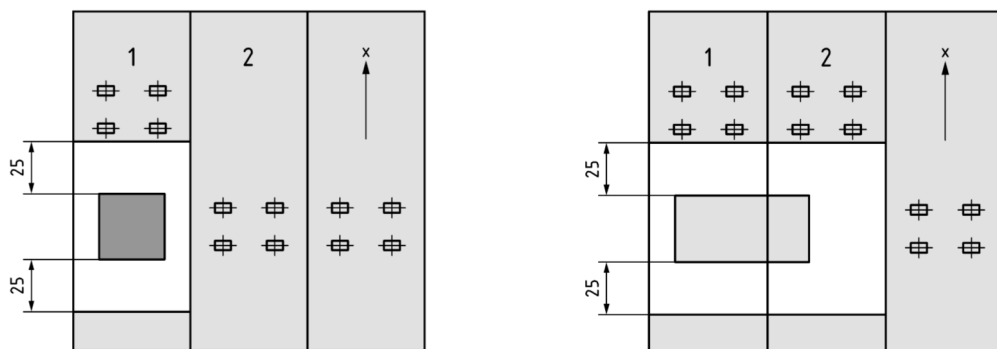
$$\varphi = 1,40 - \frac{L}{500} \quad \varphi \geq 1, \quad (\text{А.1})$$

де L – довжина ділянки впливу (м).

(6) Якщо у конфігурації моделі передбачено рух змодельованих навантаг із малою швидкістю, то до кожної умовної смуги та

залишкової площі мостового настилу застосовують навантаження згідно з моделлю навантаги 1 із використанням у ній часто повторюваних значень згідно з 6.3.2, а також A.2 EN 1990:2023. На смузі (смугах), зайнятій(их) стандартизованим (змодельованим за стандартною моделлю) транспортним засобом, цю модель навантаги не застосовують у зоні ближче ніж за 25 м від крайніх осей розглядуваного транспортного засобу (див. рисунок А.3).

Розміри в метрах



Осьові ряди з навантагою по 150 кН чи 200 кН Осьові ряди з навантагою по 240 кН

Умовні позначки;

x – напрямок осі моста;

1 – Смуга руху № 1;

2 – Смуга руху № 2

 – стандартизований транспортний засіб;

 – зона застосування моделі навантаги 1 (LM1) із використанням у ній часто повторюваних значень

Найвигідніше поперечне розташування окремих спеціальних транспортних засобів та обмеження щодо одночасного з ними розгляду звичайного рухомого складу дорожнього транспорту встановлює компетентний орган влади або, якщо він не встановив, їх узгоджують для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

Рисунок А.3 – Одночасне застосування моделі навантаги 1 та спеціальних транспортних засобів

(7) Якщо (у конфігурації моделі) передбачено рух спеціальних транспортних засобів зі звичайною швидкістю, то на зайнятій(их) ними

ДСТУ EN 1991-2:20XX

смузі(ах) руху моделюють два такі транспортні засоби. На інших смугах руху, а також на залишковій площі мостового настилу застосовують модель навантаги 1 із використанням у ній часто повторюваних значень, визначених згідно з 6.5, а також A.2 EN 1990:2023.

ДОДАТОК В

(довідковий)

ОЦІНКА ВТОМНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ. МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ НА ОСНОВІ ЗАФІКСОВАНИХ ДАНИХ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

В.1 Використання цього додатка

(1) Цей довідковий додаток містить додаткові рекомендації, що доповнюють зміст положень 6.6 стосовно оцінювання втомної довговічності автодорожніх мостів.

Примітка. Цей довідковий додаток містить відкриті для національного вибору параметри, щодо яких відповідні дані має бути подано в Національному додатку. Якщо ж Національний додаток не містить таких даних, може бути застосовано положення цього довідкового додатка.

В.2 Сфера застосування та область застосовних значень

(1) Цей довідковий додаток охоплює метод оцінювання втомної довговічності автодорожніх мостів із застосуванням зафіксованих даних дорожнього руху (модель втомлювальної навантаги 5) та коефіцієнта динамічності.

В.3 Оцінка втомної довговічності автодорожніх мостів

(1) Історію напружень визначають розрахунком із застосуванням зафіксованих репрезентативних даних реального дорожнього руху, значення яких помножують на коефіцієнт динамічності φ_{fat} .

(2) Зазначений коефіцієнт динамічності враховує динамічну поведінку автодорожнього моста й залежить від очікуваної шорсткості дорожнього покриття, а також від динамічного посилення, що вже може бути враховано у зафіксованих даних.

Примітка. Згідно з ISO 8608 дорожній покриття може бути класифіковано за спектральною густиною потужності (*power spectral density; PSD*) вертикальних

переміщень профілю дороги, G_d , тобто за її шорсткістю. Величина G_d є функцією просторової частоти n , $G_d(n)$, або кутової просторової частоти траєкторії Ω , $G_d(\Omega)$, де $\Omega = 2\pi n$. Реальна спектральна густина потужності профілю дороги за припущенням має бути згладжена та апроксимована прямою лінією на бі-логарифмічному графіку у відповідному діапазоні просторових частот. Апроксимовану PSD може бути виражено у загальному вигляді за формулою (B.1).

$$G_d(n) = G_d(n_0) \left(\frac{n}{n_0} \right)^{-w} \text{ або } G_d(\Omega) = G_d(\Omega_0) \left(\frac{\Omega}{\Omega_0} \right)^{-w}, \quad (\text{B.1})$$

де

n_0 – базова просторова частота (0,1 циклів/м);

Ω_0 – базова кутова просторова частота (1 рад/м);

w – показник степеня апроксимованої спектральної густини потужності (PSD).

У загальній ситуації, замість спектральної густини потужності переміщення, G_d , зручніше розглядати спектральну густину потужності швидкості, G_v , за допомогою якої виражають зміну вертикальної ординати поверхні дороги на одиницю пройденої відстані.

Взаємозв'язок між G_v та G_d подано у формулі (B.2):

$$G_v(n) = G_d(n)(2\pi n)^2 \text{ та } G_v(\Omega) = G_d(\Omega)(\Omega)^2 \quad (\text{B.2})$$

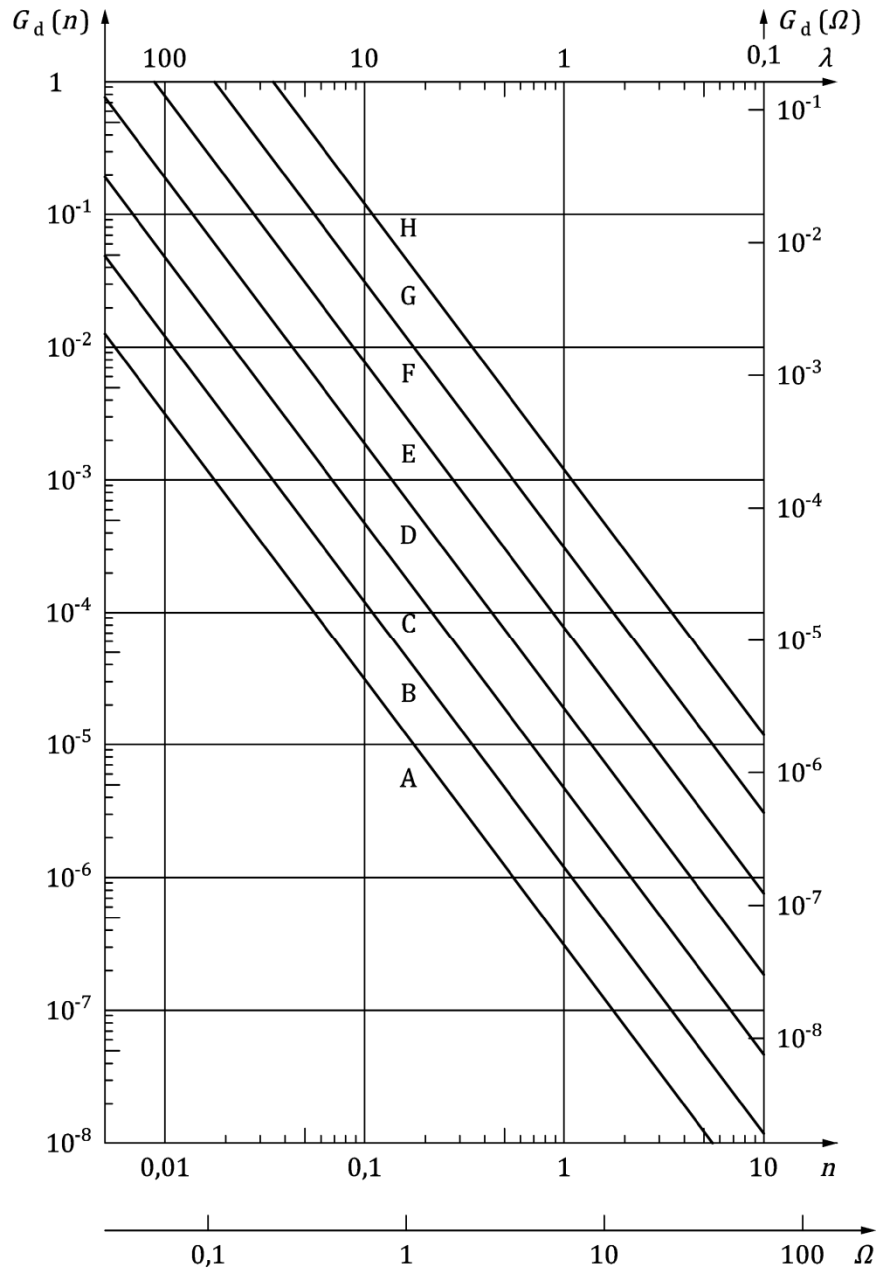
Якщо $w = 2$, обидва вирази спектральної густини потужності швидкості (G_v) мають сталу величину.

За умов сталої величини G_v у стандарті ISO 8608 розглянуто 8 класів доріг (A, B, ..., H) за зростанням шорсткості.

Границями класів вважають значення G_d – спектральної густини потужності переміщення, які подано на графіку B.1.

Для класифікації покритву автодорожніх мостів застосовними є лише перші 5 класів (A, B, ..., E).

Якість поверхні може бути оцінено так: клас А – дуже хороша якість; клас В – хороша якість; клас С – середня якість; клас D – низька якість; клас Е – дуже низька якість.



Умовні позначки:

$G_d(n)$ – спектральна густина потужності переміщення (м^3);

λ – довжина хвилі (м);

$G_d(\Omega)$ – спектральна густина потужності переміщення (м^3);

n – просторова частота (цикли/м);

Ω – кутова просторова частота (рад/м).

Рисунок В.1 – Класифікація дорожньої поверхні згідно з ISO 8608.

Граничні значення параметрів G_d та G_v для перших п'яти класів шорсткості дорожньої поверхні як функції просторової частоти n та кутової просторової частоти Ω подано у таблицях В.1 та В.2 відповідно.

Таблиця В.1 – Ступені шорсткості, виражені в одиницях просторової частоти, n

Клас дороги	Якість дорожнього покриву	Ступінь шорсткості			
		$G_d(n_0)^a$ 10^{-6} м			$G_v(n)$ 10^{-6} м
		Нижнє граничне значення	Геометричне середнє значення	Верхнє граничне значення	Геометричне середнє значення
A	Дуже хороша	–	16	32	6,3
B	Хороша	32	64	128	25,3
C	Середня	128	256	512	101,1
D	Низька	512	1 024	2 048	404,3
E	Дуже низька	2 048	4 096	8 192	1 617,0

^a $n_0 = 0,1$ циклу/м

Таблиця В.2 – Ступені шорсткості, виражені в одиницях кутової просторової частоти, Ω

Клас дороги	Якість дорожнього покриву	Ступінь шорсткості			
		$G_d(\Omega_0)^a$ 10^{-6} м			$G_v(\Omega)$ 10^{-6} м
		Нижнє граничне значення	Геометричне середнє значення	Верхнє граничне значення	Геометричне середнє значення
A	Дуже хороша	–	1	2	1
B	Хороша	2	4	8	4
C	Середня	8	16	32	16
D	Низька	32	64	128	64
E	Дуже низька	128	256	512	256

^a $\Omega_0 = 1$ (рад/м)

(3) Якщо не зазначено іншого, фактично зафіксовані значення осьових навантаж помножують на коефіцієнт динамічності, φ_{fat} :

$\varphi_{fat} = 1,2$, якщо шорсткість поверхні відповідає класу хорошої якості дорожнього покриття;

$\varphi_{fat} = 1,4$, якщо шорсткість поверхні відповідає класу середньої якості дорожнього покриття.

(4) Крім того, розглядаючи поперечний переріз на відстані 6,00 м від деформаційного шва, значення навантаги помножують на додатковий коефіцієнт динамічності $\Delta\varphi_{fat}$, визначений згідно з рисунком 6.6.

(5) Класифікацію за шорсткістю дорожнього покриття можна виконати відповідно до стандарту ISO 8608.

(6) Для виконання грубого (наближеного) та швидкого оцінювання якості за шорсткістю дорожнього покриття можна дотримувати таких рекомендацій:

- нові шари дорожнього покриття, наприклад, асфальтові чи бетонні, можна за припущенням вважати такими, що мають хорошу або дуже хорошу якість за шорсткістю;

- старі шари дорожнього покриття, які не обслуговують, можна класифікувати як такі, що мають середню якість за шорсткістю;

- шари з бруківки чи подібного матеріалу можна класифікувати як такі, що мають середню (задовільну) або низьку (погану, дуже погану) якість за шорсткістю.

(7) Площі контактування коліс та поперечні відстані між колесами приймають згідно з таблицею 6.9 (NDP), якщо застосовно.

(8) Якщо фактичні дані зафіксовано лише для однієї смуги руху, то приймають припущення щодо умов руху на інших смугах. Такі

припущення можуть ґрунтуватися на зафіксованих даних, отриманих в інших місцях стосовно аналогічного типу транспортного потоку.

(9) В історії напружень ураховують одночасну наявність транспортних засобів, зареєстрованих на мосту на будь-якій смузі руху. Якщо за основу приймають зафіксовані дані навантаження від окремих транспортних засобів, то розробляють процедуру, яка забезпечить умови для їхнього врахування.

(10) Кількість циклів визначають методом дощового потоку (*Rainflow method*) чи резервуарним методом (*Reservoir method*), див. додаток F EN 1990:2023.

(11) Якщо тривалість охопленого зафіксованими даними періоду менша, ніж повний тиждень, то ці зафіксовані дані та оцінку темпів накопичення втомних пошкоджень допустимо коригувати з урахуванням фактичних варіацій інтенсивності та складу транспортних потоків, що спостерігали протягом типового тижня. Застосовують також коригувальний коефіцієнт для врахування можливих змін умов дорожнього руху в майбутньому.

(12) Сумарне втомне пошкодження, обчислене на основі фактично зафіксованих даних, помножують на відношення розрахункового строку експлуатації до тривалості охопленого зафіксованими даними періоду, для врахування якого використовують гістограму. За відсутності детальної інформації застосовують такі коефіцієнти:

2 – для кількості вантажних автомобілів; 1,4 – для рівнів навантаги.

ДОДАТОК С

(обов'язковий)

КОЕФІЦІЄНТИ ДИНАМІЧНОСТІ $1 + \varphi$ ДЛЯ КОНФІГУРАЦІЙ «РЕАЛЬНИХ ПОТЯГІВ»

С.1 Використання цього додатка

(1) Цей обов'язковий додаток містить додаткові положення, які доповнюють зміст 8.4 щодо динамічних ефектів і застосування коефіцієнтів динамічності $1 + \varphi$ для конфігурацій «реальних потягів».

С.2 Сфера застосування та область застосовних значень

(1) У цьому обов'язковому додатку розглянуто коефіцієнт динамічного посилення навантаги, спричиненої рухом фактичних експлуатаційних потягів із робочою швидкістю.

С.3 Коефіцієнти динамічності для конфігурацій «реальних потягів»

(1) Ефекти навантаги, охоплюючи деформації, сили та моменти, обчислювані з урахуванням фактичних конфігурацій експлуатаційних потягів, потрібно визначати з використанням максимальних характеристичних значень статичних осьових навантаг «реальних потягів». Отримані значення ефектів навантаги має бути помножено на коефіцієнт динамічності $1 + \varphi$.

(2) Максимальні характеристичні значення статичних осьових навантаг від «реальних потягів» (за винятком вантажних потягів) потрібно визначати, ґрунтуючись на розрахунковій масі у режимі винятково корисного завантаження, як зазначено у EN 15663.

(3) Максимальні характеристичні значення статичних осьових навантаг для вантажних транспортних засобів потрібно визначати,

ґрунтуючись на розрахунковій масі у режимі нормального корисного завантаження, як зазначено в EN 15663.

(4) Коефіцієнт динамічності φ потрібно визначати за умов максимальної лінійної швидкості руху на ділянці. Якщо максимальна допустима швидкість транспортного засобу менша, ніж максимальна лінійна швидкість руху на ділянці, то коефіцієнт динамічності може бути визначено за умов цієї нижчої швидкості.

(5) Коефіцієнти динамічності $1 + \varphi$ застосовують також для розрахунків втомних пошкоджень.

(6) Значення статичної навантаги від «реального потяга» за швидкості v (м/с) потрібно помножити на коефіцієнт динамічності:

$$\text{або } 1 + \varphi = 1 + \varphi' + \varphi'' \text{ у разі колії зі стандартним рівнем технічного обслуговування,} \quad (\text{C.1})$$

$$\text{або } 1 + \varphi = 1 + \varphi' + 0,5 \varphi'' \text{ у разі колії із ретельним технічним обслуговуванням.} \quad (\text{C.2})$$

Примітка 1. Умови для обрання застосовної формули (C.1) чи (C.2) може бути встановлено в Національному додатку.

У цих формулах

$$\varphi' = \frac{K}{1 - K + K^4} \text{ за умови } K < 0,76 \quad (\text{C.3})$$

та

$$\varphi' = 1,325 \text{ за умови } K \geq 0,76, \quad (\text{C.4})$$

де

$$K = \frac{v}{2L_{\Phi} \times n_0} \quad (\text{C.5})$$

та

$$\varphi'' = \frac{\alpha_v}{100} \left[56e^{-\left(\frac{L_{\Phi}}{10}\right)^2} + 50 \left(\frac{L_{\Phi} n_0}{80} - 1 \right) e^{-\left(\frac{L_{\Phi}}{20}\right)^2} \right], \quad (\text{C.6})$$

$$\varphi'' \geq 0,$$

із дотриманням умов:

$$\alpha_v = \frac{v}{22}, \text{ якщо } v \leq 22 \text{ м/с}; \quad (C.7)$$

$$\alpha_v = 1, \text{ якщо } v > 22 \text{ м/с},$$

де

v – менше з двох значень: максимальної лінійної швидкості руху на ділянці чи максимальної допустимої швидкості транспортного засобу, застосовної до експлуатаційного потяга (м/с);

n_0 – перша власна частота згинального коливання моста, підданого навантаженню внаслідок постійних дій (Гц);

L_φ – визначальна довжина (м) згідно з 8.4.5.4;

α_v – коефіцієнт швидкості.

Границю застосовності визначеного за формулами (C.3) та (C.4) коефіцієнта φ' установлюють як нижню граничну частоту власних згинальних коливань, подану на рисунку 8.10, за швидкості 200 км/год.

У всіх інших ситуаціях величину φ' визначають динамічним розрахунком згідно з 8.4.6.

Метод розрахунку погоджує компетентний орган влади або, якщо він не погодив, його узгоджують для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

Примітка 2. Компетентний орган влади має бути зазначений у Національному додатку.

Границю застосовності коефіцієнта φ'' , визначеного за формулою (C.6), встановлюють як верхню граничну частоту власних коливань згідно з рисунком 8.10. У всіх інших ситуаціях величину φ'' можна визначити динамічним розрахунком згідно з 8.4.6, розглянувши взаємодію невіднесених мас осей потяга з мостом.

(7) Значення $\varphi' + \varphi''$ потрібно визначити, застосовуючи нижнє та верхнє граничні значень першої власної частоти згинального коливання моста (n_0) за винятком ситуацій, у яких розрахунок виконують для конкретного моста, для якого значення n_0 відомо.

Верхнє граничне значення n_0 обчислюють за такою формулою:

$$n_0 = 94,76 \times L_{\Phi}^{-0,748}, \quad (\text{C.8})$$

а нижнє граничне значення – за формулами:

$$n_0 = \frac{80}{L_{\Phi}} \text{ за умов } 4 \text{ м} \leq L_{\Phi} \leq 20 \text{ м}; \quad (\text{C.9})$$

$$n_0 = 23,58 \times L_{\Phi}^{-0,592} \text{ за умов } 20 \text{ м} < L_{\Phi} \leq 100 \text{ м}. \quad (\text{C.10})$$

ДОДАТОК D

(обов'язковий)

**ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ОЦІНЮВАННЯ ВТОМНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ
КОНСТРУКЦІЙ ЗАЛІЗНИЧНИХ СПОРУД****D.1 Використання цього додатка**

(1) Цей обов'язковий додаток містить додаткові положення, які доповнюють зміст пунктів 8.4.6 та 8.9 щодо оцінювання втомної довговічності конструкцій залізничних споруд.

D.2 Сфера застосування та область застосовних значень

(1) Цей обов'язковий додаток стосується оцінювання втомної довговічності конструкцій залізничних споруд.

D.3 Припущення щодо втомлювальних дій

(1) За допомогою коефіцієнтів динамічного посилення, Φ_2 та Φ_3 , застосовуваних до статичних моделей навантаги LM 71, SW/0 та SW/2 (якщо треба дотримати положень 8.4.5), враховують ефекти екстремального сполучення навантаг, які має бути розглянуто під час деталювального проєктування елементів мостової конструкції. Використання коефіцієнтів динамічного посилення ефектів від «реальних потягів», поданих у формулах (C.1) та (C.2) відповідно, призвело би до завищеного оцінювання втомного пошкодження, якби їх застосували до потягів у реальних умовах експлуатації.

(2) Щоб урахувати середній ефект упродовж передбаченого 100-річного строку експлуатації конструкції, динамічне посилення для кожного «реального потяга» може бути зменшено так:

$$1 + \frac{1}{2} (\varphi' + \frac{1}{2} \varphi'') \quad (D.1)$$

де φ' та φ'' визначають за поданими нижче формулами (D.2) та (D.5).

(3) Формули (D.2) та (D.5) – це спрощені варіанти формул (C.3) та (C.6), які забезпечують достатню точність обчислення втомного пошкодження і дійсні за максимальних допустимих швидкостей транспортних засобів до 200 км/год.

$$\varphi' = \frac{R}{1 - K + K^4}, \quad (\text{D.2})$$

У цій формулі

$$K = \frac{v}{160} \text{ за умови } L \leq 20 \text{ м}; \quad (\text{D.3})$$

$$K = \frac{v}{47,16L^{0,408}} \text{ за умови } L > 20 \text{ м} \quad (\text{D.4})$$

та

$$\varphi'' = 0,56e^{-\frac{L^2}{100}}, \quad (\text{D.5})$$

де

v – максимальна допустима швидкість транспортного засобу (м/с);

L – визначальна довжина L_Φ (м) згідно з 8.4.5.4.

Примітка. Якщо оцінка динамічних ефекти, охоплюючи резонанс, завищена і потрібен динамічний розрахунок згідно з 8.4.4, застосовують додаткові вимоги щодо оцінювання втомної довговічності конструкцій мостів, викладені у 8.4.6.6.

D.4 Загальний метод проєктування

(1) Оцінювання втомної довговічності, яке в загальній ситуації полягає у перевірці діапазону напружень, потрібно виконувати відповідно до положень стандартів EN 1992 (всі частини), EN 1993 (всі частини) та EN 1994 (всі частини).

(2) Перевіряння відповідності конструкції критеріям безпеки за діапазоном напружень потрібно виконувати, забезпечуючи дотримання такої умови:

$$\gamma_{\text{FF}} \lambda \Phi_2 \Delta \sigma_{71} \leq \frac{\Delta \sigma_c}{\gamma_{\text{Mf}}}, \quad (\text{D.6})$$

де

γ_{Ff} – частковий коефіцієнт надійності за втомлювальною навантагою (див. А.2 в EN 1990:2023);

Примітка. Якщо в Національному додатку не встановлено іншого, застосовують значення $\gamma_{Ff} = 1,00$.

Λ – коефіцієнт еквівалентності втомного пошкодження, за допомогою якого враховують інтенсивність дорожнього руху на мосту та вздовж прогону елемента. Значення λ вказують у нормативних документах (див. стандарти EN 1992–EN 1999);

Φ_2 – коефіцієнт динамічного посилення (див. 8.4.5);

$\Delta\sigma_{71}$ – діапазон напружень, спричинених у конфігурації моделі навантаги 71 (та, за потреби, SW/0), без урахування коефіцієнта α , за найнесприятливішого розташування навантаг відносно розглядуваного елемента;

$\Delta\sigma_c$ – базове значення втомної міцності (див. відповідні стандарти на матеріали чи EN 1992–EN 1999);

γ_{Mf} – частковий коефіцієнт надійності за втомною міцністю, визначений у нормативних документах (див. EN 1992–EN 1999).

D.5 Типи потягів для розрахунків втомної довговічності

(1) Оцінювання втомної довговічності виконують з урахуванням залізничного рухомого складу таких типів: «стандартний рухомий склад», «важкий рухомий склад» (вантажних потягів) чи «легкий рухомий склад» (пасажирських потягів) – залежно від того, чи конструкція сприймає навантаження від стандартного залізничного рухомого складу, руху переважно вантажного чи переважно пасажирського транспорту. Детальні пояснення щодо рухомого складу експлуатаційних потягів і типів залізничного рухомого складу викладено нижче. Типи потягів спеціального призначення для

оцінювання втомної довговічності згідно з 8.9 може визначити компетентний орган влади або, якщо він не визначив, їх можуть угодити для конкретного проєкту відповідні сторони-учасники.

Примітка 1. У важкому рухомому складі враховують лише транспортні засоби з максимальною осьовою навантагою 250 кН.

Примітка 2. Додаткові типи потягів спеціального призначення для оцінювання втомної довговічності може бути визначено в Національному додатку.

(2) Типи потягів стандартного та легкого рухомих складів залізничного транспорту подано на рисунках D.1–D.10.

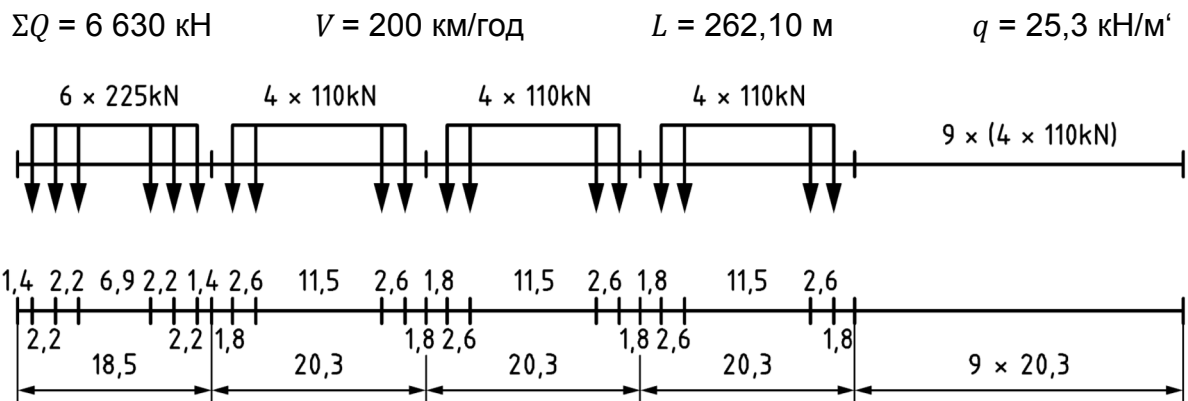


Рисунок D.1 – Тип 1: пасажирський потяг із локомотивною тягою

$\Sigma Q = 5\,300 \text{ кН}$ $V = 160 \text{ км/год}$ $L = 281,10 \text{ м}$ $q = 18,9 \text{ кН/м'}$

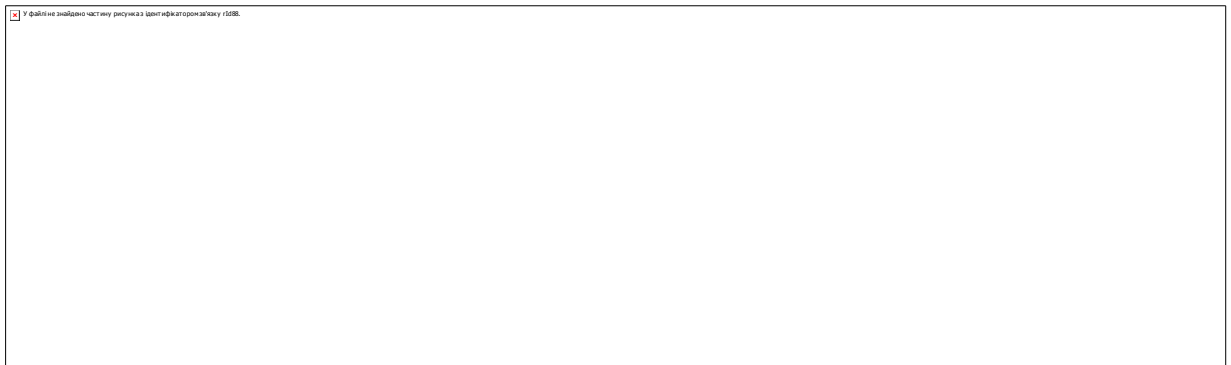


Рисунок D.2 – Тип 2: пасажирський потяг із локомотивною тягою

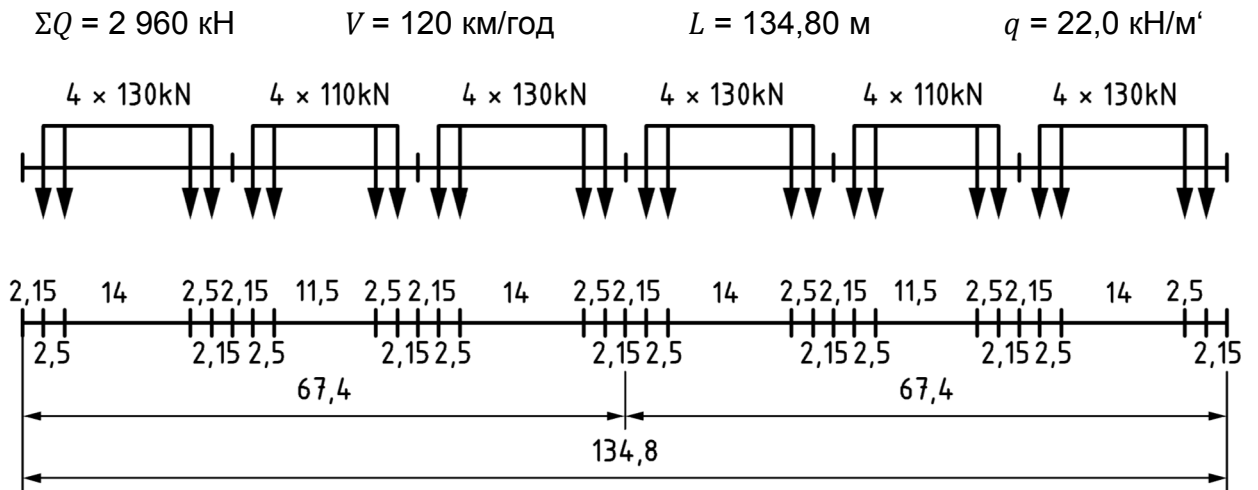


Рисунок D.9 – Тип 9: приміський потяг на базі моторвагонної секції

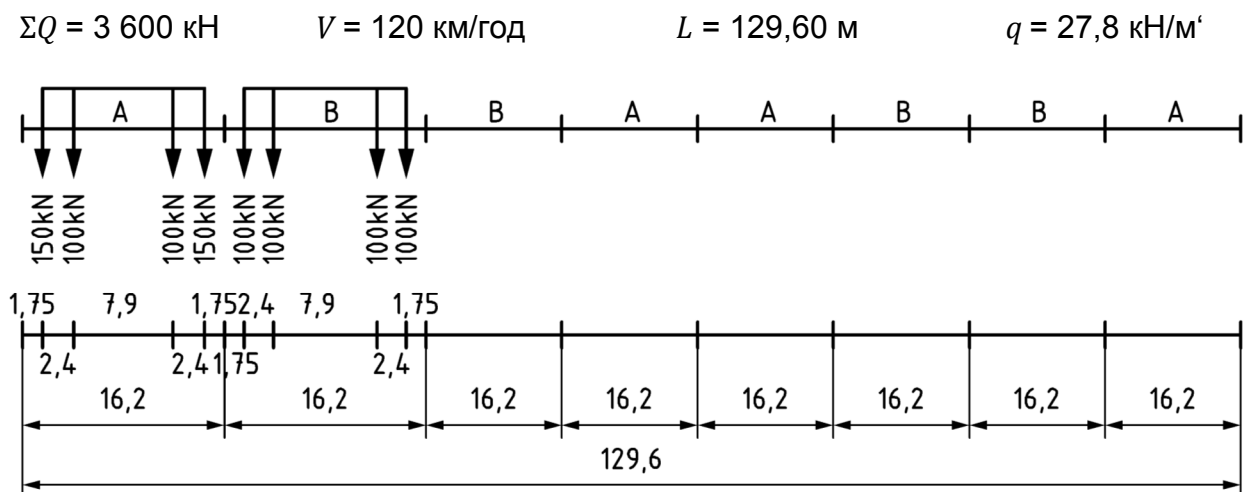


Рисунок D.10 – Тип 10: метрополітен

(3) Типи потягів важкого рухомого складу залізничного транспорту подано на рисунках D.11–D.12.

$\Sigma Q = 11\,350\text{ кН}$ $V = 120\text{ км/год}$ $L = 198,50\text{ м}$ $q = 57,2\text{ кН/м'}$



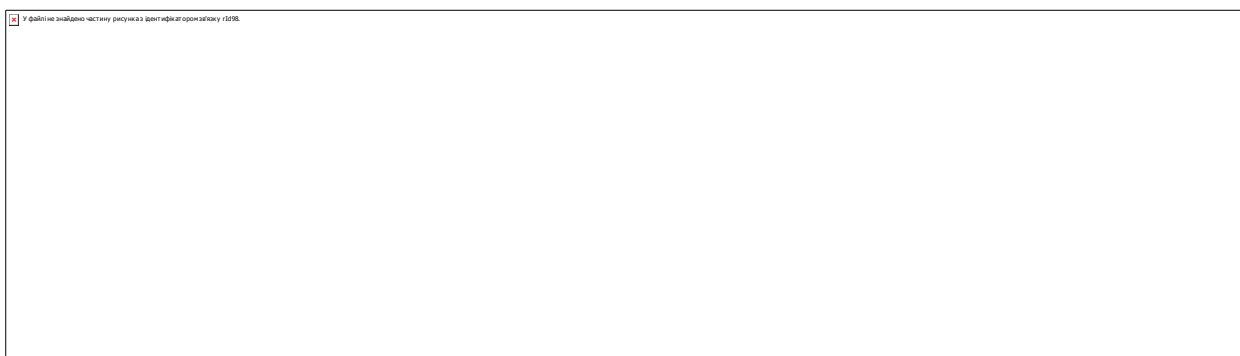
Рисунок D.11 – Тип 11: вантажний потяг із локомотивною тягою

$\Sigma Q = 11\,350 \text{ кН}$

$V = 100 \text{ км/год}$

$L = 212,50 \text{ м}$

$q = 53,4 \text{ кН/м'}$

**Рисунок D.12** – Тип 12: вантажний потяг із локомотивною тягою

(4) Структуру рухомого складу залізничного транспорту зазначено в таблицях D.1–D.3.

Таблиця D.1 – Стандартний рухомий склад залізничного транспорту

Тип потяга	Кількість потягів/день	Маса потяга, т	Річний обсяг перевезень, 10 ⁶ т/рік
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
Сумарна кількість потягів/день	67	Сума річних обсягів перевезень	24,95

Таблиця D.2 – Важкий рухомий склад залізничного транспорту

Тип потяга	Кількість потягів/день	Маса потяга, т	Річний обсяг перевезень, 10 ⁶ т/рік
5	6	2160	4,73
6	13	1431	6,79
11	16	1135	6,63
12	16	1135	6,63
Сумарна кількість потягів/день	51	Сума річних обсягів перевезень	24,78

Таблиця D.3 – Легкий рухомий склад залізничного транспорту

Тип потяга	Кількість потягів/день	Маса потяга, т	Річний обсяг перевезень, 10 ⁶ т/рік
1	10	663	2,4
2	5	530	1,0
5	2	2160	1,4
9	190	296	20,5
Сумарна кількість потягів/день	207	Сума річних обсягів перевезень	25,3

ДОДАТОК Е

(довідковий)

МЕЖІ ЗАСТОСОВНОСТІ МОДЕЛІ НАВАНТАГИ HSLM

Е.1 Використання цього додатка

(1) Цей довідковий додаток містить додаткові рекомендації, які доповнюють зміст положень 8.4.6 щодо застосовності моделі навантаги HSLM.

Примітка. Цей довідковий додаток містить відкриті для національного вибору параметри, щодо яких відповідні дані має бути подано в Національному додатку. Якщо ж Національний додаток не містить таких даних, може бути застосовано положення цього довідкового додатка.

Е.2 Сфера застосування та область застосовних значень

(1) У цьому довідковому додатку розглянуто межі застосовності моделі навантаги HSLM.

Е.3 Межі застосовності моделі навантаги HSLM

(1) Модель навантаги HSLM застосовують до пасажирських потягів, що відповідають таким критеріям:

– максимальна навантага від однієї осі, P (кН), не перевищує 170 кН, що визначають як «Розрахункову масу за нормального корисного завантаження» згідно з EN 15663; крім того, у разі звичайних потягів потрібно, щоб ця величина не перевищувала також значення, обчисленого за формулою (Е.2);

– відстань, D (м), відповідає довжині вагона чи повторюваній міжосьові відстані відповідно до таблиці Е.1;

– міжосьова відстань у візку, d_{BA} (м), відповідає такій умові:

$$2,5 \text{ м} \leq d_{BA} \leq 3,5 \text{ м} \quad (\text{Е.1})$$

– у разі звичайних потягів відстань між центрами візків сусідніх вагонів, d_{BS} (м), визначають за формулою (Е.2);

– у разі стандартизованих потягів (з однорідним компонуванням вагонів), у яких вагони мають лише одну вісь, довжину проміжного вагону, D_{IC} (м), та відстань між осями на стику двох окремих рухомих складів, e_c (м), визначають згідно з таблицею Е.1;

– значення співвідношення D/d_{BA} та $(d_{BS} - d_{BA})/d_{BA}$ не наближається до цілого числа;

– максимальна повна вага потяга становить 10 000 кН;

– максимальна довжина потяга є становить 400 м між крайніми буферами;

– максимальна маса невідвідресореної частини осі становить 2 000 кг.

Таблиця Е.1 – Граничні параметри для швидкісних пасажирських потягів, що відповідають моделі навантаги HSLM

Тип потяга	P кН	D м	D_{IC} м	e_c м
Зчленований	170	$18 \leq D \leq 27$	–	–
Звичайний	Менше з двох значень: 170 кН чи значення, обчислене за формулою (Е.2)	$18 \leq D \leq 27$	–	–
Стандартизований	170	$10 \leq D \leq 14$	$8 \leq D_{IC} \leq 11$	$7 \leq e_c \leq 10$

У цій таблиці:

$$4P \cos\left(\frac{\pi d_{BS}}{D}\right) \cos\left(\frac{\pi d_{BA}}{D}\right) \leq 2P_{HSLMA} \cos\left(\frac{\pi d_{HSLMA}}{D_{HSLMA}}\right), \quad (\text{Е.2})$$

де

P_{HSLMA} , d_{HSLMA} та D_{HSLMA} – параметри «універсальних потягів» згідно з рисунком 8.12 і таблицею 8.4, які визначають відповідно до довжини вагона D_{HSLMA} стосовно:

– одного «універсального потяга», значення D_{HSLMA} якого дорівнює значенню D ;

– двох «універсальних потягів», значення D яких не дорівнює D_{HSLMA} , у цьому разі приймають значення D_{HSLMA} трохи більше чи трохи менше за D .

Параметри D , D_{IC} , P , d_{BA} , d_{BS} та e_c відповідно визначають для зчленованих, звичайних та стандартизованих потягів згідно з рисунками Е.1–Е.3.

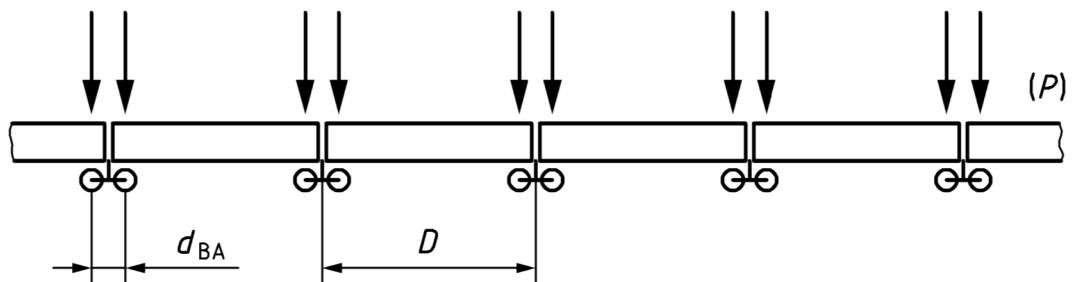


Рисунок Е.1 – Зчленований потяг

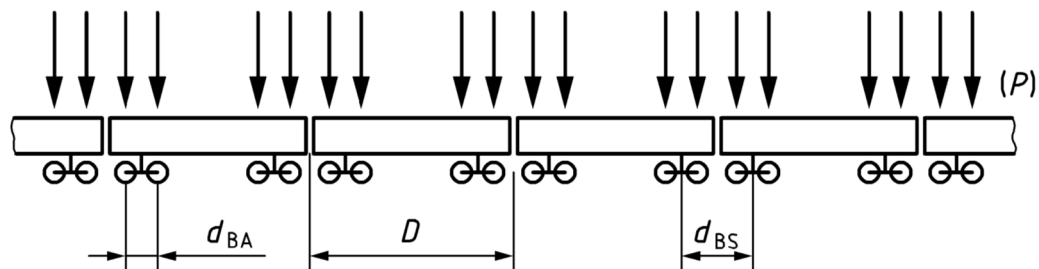


Рисунок Е.2 – Звичайний потяг

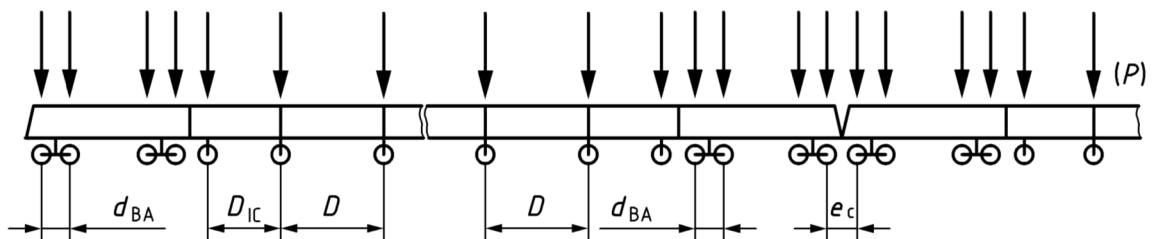


Рисунок Е.3 – Стандартизований потяг (з однорідною компоновкою вагонів)

(2) Сили, прикладені в заданих точках, габаритні розміри та значення довжини «універсальних потягів», визначені у 8.4.6.1.1, не розглядають як параметри реального транспортного засобу, за винятком ситуації, у якій їхнє врахування прямо передбачено у Е.3(1).

(3) Інформацію стосовно моделі навантаги HSLM викладено в документі ERRI D 214.2/RP 1, розробленому в 2000 році Європейським інститутом досліджень у сфері залізничного транспорту (*European Railway Research Institute*). У цьому додатку визначено потяги, які було охоплено в цій моделі. Варто зазначити, що деякі існуючі швидкісні потяги, які спочатку було передбачено у конфігурації цієї моделі (їхні характеристики було використано для формування моделі навантаги HSLM), фактично можуть не відповідати параметрам моделі HSLM, якщо їхні осьові навантаги визначати за критеріями EN 15663. Це питання розглянуто у 8.4.6.1.1(2).

Е.4 Динамічна характеристика потяга

(1) Основою моделі навантаги HSLM, застосованої в документі ERRI D 214.2/RP 1, є спектральна декомпозиція збурення за умов резонансу (*decomposition of the excitation at resonance; DER*), яку детально описано в ERRI D 214/RP 9. Цей метод забезпечує наближене оцінювання та, серед інших спрощень, враховує лише резонансні складові коливань моста, причому згідно з припущенням прогонову будову моста розглядають як вільно обперту балкову конструкцію. Метод уможливорює визначити реакцію потяга у вигляді спектрального коефіцієнта, який у граничному стані за нульового демпфування ($\zeta = 0$) називають динамічною характеристикою потяга.

(2) Отримана розрахунком функція динамічної характеристики потяга подає потяг як послідовність рухомих навантаг. За прийнятих спрощень (тобто вільно обпертої балкової конструкції моста, врахування лише першої (основної) форми власних коливань) ця функція не є застосовною для нерезонансних умов, у яких вона не досягає верхньої межі реакції. Крім того, вона не придатна в уразі коротких потягів чи укорочених секцій потяга, у яких інтервали між осями відрізняються від рівномірного шаблону, а динамічне збурення

не досягає повного резонансу. У резонансних умовах ця характеристика визначає верхню межу реакції. Динамічну характеристику потяга подають у вигляді спектрального опису, що ґрунтується на довжині хвилі λ , яку визначають за формулою (8.11) із ERRI D 214/RP 9:

$$S_0(\lambda) = \max_{i=1, M} \sqrt{\left[\sum_{k=1}^i P_k \cos\left(\frac{2\pi x_k}{\lambda}\right) \right]^2 + \left[\sum_{k=1}^i P_k \sin\left(\frac{2\pi x_k}{\lambda}\right) \right]^2}, \quad (\text{E.3})$$

де

i – кількість осей у підмножині потяга, що не перевищує загальної кількості осей M ;

P_k – навантага на k -ту вісь;

x_k – відстань між k -тою віссю та першою віссю;

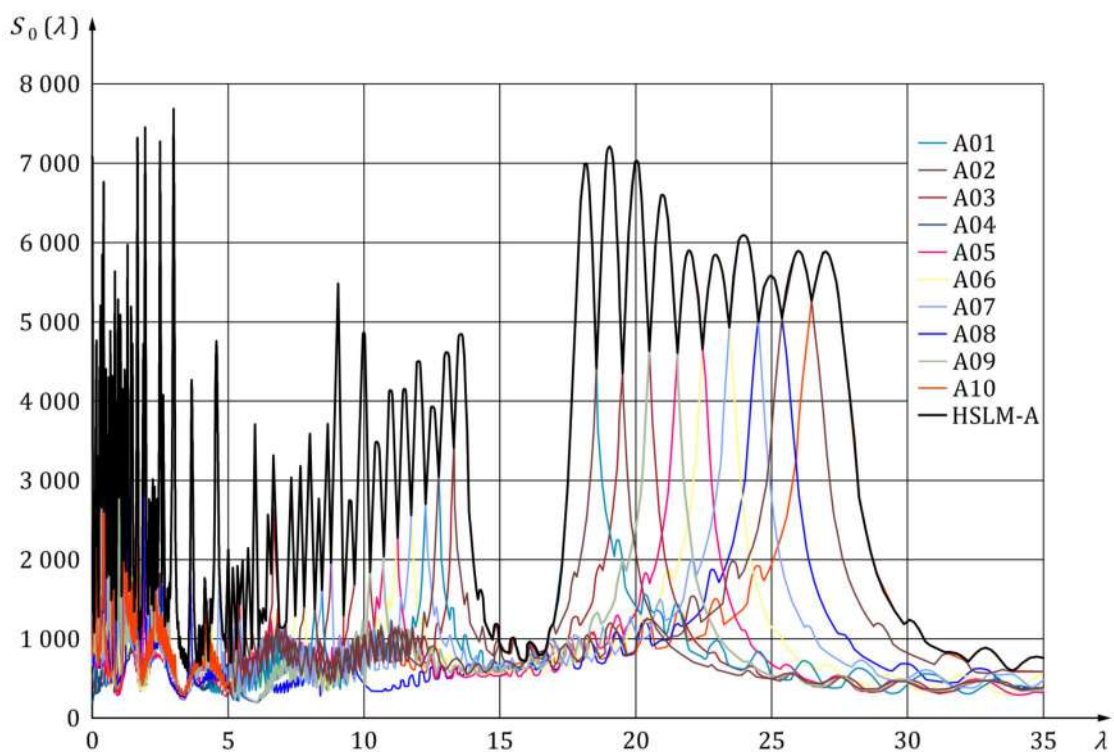
λ – довжина хвилі збурення, визначена в Е.4(3).

(3) Потяг, що має нижче значення динамічної характеристики порівняно з еталонним потягом, за дотримання вищезазначених обмежень у загальній ситуації має спричиняти меншу динамічну реакцію конструкції моста за умов резонансу, якщо довжина хвилі становить $\lambda = v/n_0$, де v – швидкість потяга, а n_0 (Гц) – основна частота власних коливань моста.

(4) Модель навантаги від швидкісного рухомого складу HSLM-A було розроблено із використанням описаної в ERRI D 214.2/RP 1 методики як обвідну криву для значень довжини хвилі від 2 м до 30 м, що охоплює репрезентативний набір параметрів наявних чи передбачуваних швидкісних потягів. Попереднє оцінювання динамічного ефекту, спричиненого конкретним потягом за умов резонансу, на мості, що мають вільно обперту конструкцію, можна виконати розрахунком динамічної характеристики цього потяга. У разі

потрапляння значень динамічної характеристики потяга в межі обвідної кривої, визначеної конфігурацією моделі HSLM-A, його резонансні ефекти можна вважати охопленими цією моделлю динамічної навантаги за умови, що прийняті спрощення є дійсними. Для зручності, обчислені за формулою (Е.3) динамічні характеристики кожного окремого потяга у конфігурації HSLM-A та обвідну криву подано на рисунку Е.4.

(5) Визначення динамічної характеристики потяга є дієвим методом для попереднього оцінювання динамічних ефектів та порівняння їх щодо різних потягів в умовах резонансу на мосту. Однак цей метод не може замінити повноцінного розрахунку й визначення ефектів навантаги для конкретного моста – виконання цих процедур лишається необхідним.



Умовні позначки:

$S_0(\lambda)$ (кН);

λ – довжина хвилі (м)

Рисунок Е.4 – Обвідна крива значень динамічної характеристики для моделі навантаги HSLM-A

ДОДАТОК F

(довідковий)

МОДЕЛІ НАВАНТАГИ ВІД РУХУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В ПЕРЕХІДНИХ РОЗРАХУНКОВИХ СИТУАЦІЯХ

F.1 Використання цього додатка

(1) Цей довідковий додаток містить додаткові рекомендації, які доповнюють зміст положень 8.8.4 щодо навантаг від руху залізничного транспорту в перехідних розрахункових ситуаціях.

Примітка. Цей довідковий додаток містить відкриті для національного вибору параметри, щодо яких відповідні дані має бути подано в Національному додатку. Якщо ж Національний додаток не містить таких даних, може бути застосовано положення цього довідкового додатка.

F.2 Сфера застосування та область застосовних значень

(1) У цьому довідковому додатку розглянуто моделі навантаги, спричиненої рухом залізничного транспорту в перехідних розрахункових ситуаціях.

F.3 Моделі навантаги від руху залізничного транспорту в перехідних розрахункових ситуаціях

(1) Виконуючи перевіряння на відповідність умовам перехідних розрахункових ситуацій, пов'язаних із технічним обслуговуванням залізничної колії чи моста, характеристичні значення у конфігураціях моделей навантаги 71, SW/0, SW/2, «ненавантаженого потяга» та HSLM, а також пов'язаних із ними дій, спричинених залізничним рухом, приймають як такі, що дорівнюють характеристичним значенням відповідної навантаги, визначеної в розділі 8 для усталеної розрахункової ситуації.

ДОДАТОК G

(довідковий)

МОДЕЛІ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАГИ ДЛЯ ПІШОХІДНИХ МОСТІВ**G.1 Використання цього додатка**

(1) Цей довідковий додаток містить додаткові рекомендації, які доповнюють зміст положень 7.7 щодо застосування моделей динамічної навантаги для пішохідних мостів.

Примітка. Цей довідковий додаток містить відкриті для національного вибору параметри, щодо яких відповідні дані має бути подано в Національному додатку. Якщо ж Національний додаток не містить таких даних, може бути застосовано положення цього довідкового додатка.

G.2 Сфера застосування та область застосовних значень

(1) Моделі динамічної навантаги, подані в цьому довідковому додатку для кожного класу за типом рухомої навантаги (ТС 1–ТС 5), застосовують відповідно до розрахункових ситуацій та правил застосування, визначених у А.2.8.3 та в додатку Н EN 1990:2023.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

Зазначене вище і далі у тексті цього додатка посилання на А.2.8.3 EN 1990:2023 є помилковим, оскільки такого пункту не існує. У додатку А EN 1990:2023 відповідним пунктом варто вважати А.2.7.3.2, положення якого стосовно врахування дій узгоджуються із поданням моделей навантаги у цьому додатку.

(2) У цьому довідковому додатку визначено чотири різні моделі динамічної навантаги:

- модель навантаги від потоку пішоходів (G.4);
- модель навантаги від поодинокого пішохода чи групи пішоходів (G.5);

- модель навантаги від поодинокого бігуна чи групи бігунів (G.6);
- модель навмисного збурення коливань (G.7).

G.3 Класи за типом рухомої навантаги

(1) Потрібно сформувати набір розрахункових ситуацій – комбінацій класів за типом рухомої навантаги та моделей гармонічної навантаги – для їхнього подальшого застосування в розрахунках згідно з положеннями А.2.8.3 та додатка Н EN 1990:2023.

Таблиця G.1 – Класи за типом рухомої навантаги та моделі гармонічної навантаги

		(G.4)	(G.5)	(G.6)
Клас за типом рухомої навантаги	Визначення	Потік пішоходів, P/m^2 (A)	Група пішоходів, n_w (B)	Група бігунів, n_j (C)
ТС 1	Дуже низька інтенсивність руху	0,1	1	0
ТС 2	Низька інтенсивність руху	0,2	2	0
ТС 3	Рух із щільною навантагою	0,5	4	1
ТС 4	Рух із високою щільністю навантаги	1,0	8	2
ТС 5	Рух із надзвичайною щільністю навантаги	1,5	16	4

d – щільність пішоходів (P/m^2 – кількість пішоходів на завантаженій поверхні);

n_w – кількість пішоходів у групі;

n_j – кількість бігунів у групі

Примітка 1. До прикладу:

ТС 2(A) – модель навантаги від потоку пішоходів із щільністю $0,2 \times P/m^2$;

ТС 4(B) – модель навантаги від групи з 8 пішоходів;

ТС 3(C) – модель навантаги від поодинокого бігуна.

Примітка 2. Додаткові рекомендації щодо обрання розрахункових ситуацій, залежно від призначеності й розташування моста, подано в А.2.8.3 та додатку Н EN 1990:2023.

У конфігурації моделі навантаги від потоку пішоходів за припущенням розглядають щонайменше 15 осіб на мостовому настилі, якщо інше не передбачено в Національному додатку чи у конкретному проекті.

G.4 Моделі гармонічної навантаги від потоку пішоходів

(1) Перевіряння на відповідність критеріям комфортності у ситуації збурення коливань конструкції, спричиненого пішохідним потоком, виконують згідно з А.2.8.3 та додатком Н EN 1990:2023.

(2) Розрізняють дві моделі навантаги, що застосовують для розрахунку реакції пішохідного моста залежно від щільності пішохідного потоку:

- модель навантаги для класів ТС 1–ТС 3 (щільність $d < 1,0 \text{ P/м}^2$);
- модель навантаги для класів ТС 4 і ТС 5 (щільність $d \geq 1,0 \text{ P/м}^2$).

Обидві моделі ґрунтуються на рівномірно розподіленій гармонічній навантазі $p_w(t)$ (H/м^2), що є еквівалентним поданням потоку пішоходів для подальших розрахунків.

$$p_w(t) = P_w \times \cos(2 \times \pi \times f_s \times t) \times n' \times \psi_w, \quad (\text{G.1})$$

де

$P_w \times \cos(2 \times \pi \times f_s \times t)$ – гармонічна навантага, спричинена поодиноким пішоходом;

P_w – складова сили, створена поодиноким пішоходом із частотою кроків f_s ;

f_s – власна частота коливань пішохідного моста;

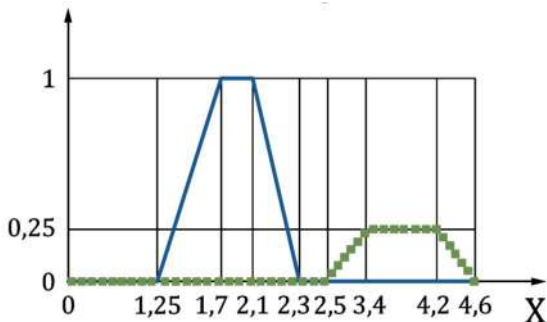
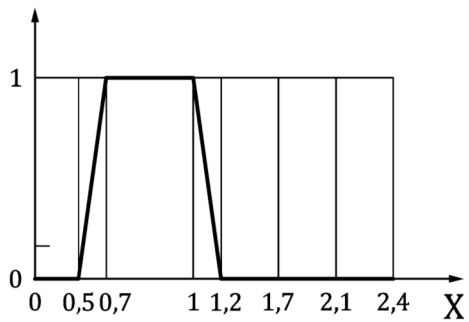
n' – еквівалентна кількість пішоходів на завантаженій поверхні S ;

ψ_w – понижувальний коефіцієнт для врахування ймовірності наближення частоти кроку до критичного діапазону значень власної частоти коливань конструкції.

Амплітуду навантаги, спричиненої поодиноким пішоходом, P_w , еквівалентну кількість пішоходів n' (95-й перцентиль, тобто значення, що перевищує 95 % вибірки) та понижувальний коефіцієнт ψ_w подано у

таблиці G.2 з урахуванням збурення коливань у першій чи другій гармоніці навантаження.

Таблиця G.2 – Параметри моделі навантаги для класів TC 1–TC 5

P_w , Н		
Вертикальна складова сили, 280	Поздовжня складова сили, 140	Поперечна складова сили, 35
Понижувальний коефіцієнт, ψ_w		
Вертикальна та поздовжня складові сили		Поперечна складова сили
		
Умовні позначки: — — перша гармоніка; ---- — друга гармоніка; X — частота		
Еквівалентна кількість пішоходів n' на завантаженій поверхні S для класів за типом рухомої навантаги від TC1 до TC5:		
TC 1–TC 3 (щільність $d < 1,0 \text{ P/m}^2$):		
$n' = \frac{10,8\sqrt{\xi \cdot n}}{S} \text{ (1/m}^2\text{)} \quad (\text{G.2})$		
TC 4–TC 5 (щільність $d \geq 1,0 \text{ P/m}^2$):		
$n' = \frac{1,85\sqrt{n}}{S} \text{ (1/m}^2\text{)} \quad (\text{G.3})$		
де ξ – коефіцієнт конструкційного демпфування; d – щільність пішоходів (P/m^2); n – кількість пішоходів на завантаженій поверхні; S – площа завантаженої поверхні		

(3) Застосовують мінімальне значення понижувального коефіцієнта $\psi_w = 0,25$, якщо власна частота пішохідного моста у першій вертикальній формі коливань перебуває в діапазоні від 2,25 Гц до 3 Гц.

(4) Отриману рівномірно розподілену гармонічну навантагу, що моделює потік пішоходів, застосовують до конструкції для збурення певної форми власних коливань.

(5) Гармонічну навантагу прикладають із таким розрахунком, щоб її знак змінювався узгоджено зі зміненням знака форми коливань конструкції.

G.5 Моделі гармонічної навантаги від поодиноких пішоходів

(1) Перевіряння на відповідність критеріям комфортності у разі збурення коливань конструкції поодиноким пішоходом чи групою пішоходів здійснюють згідно з положеннями A.2.8.3 та додатка H EN 1990:2023.

(2) Модель навантаги є одиничною навантагою $P_w(t, v_w)$ (Н), що рухається по мосту зі швидкістю $v_w = 1,7$ м/с.

$$P_w(t, v_w) = P_w \times \cos(2 \times \pi \times f_s \times t) \times \psi_w, \quad (\text{G.4})$$

де

$P_w \times \cos(2 \times \pi \times f_s \times t)$ – гармонічна навантага, спричинена пішоходами;

P_w – складова сили, створена окремим пішоходом із частотою кроків f_s ; складові сили використовують із таблиці G.2;

f_s – власна частота коливань пішохідного моста;

ψ_w – понижувальний коефіцієнт для врахування ймовірності наближення частоти кроку до критичного діапазону значень власної частоти конструкції; значення ψ_w визначають із таблиці G.2.

(3) Якщо для перевіряння відповідності критеріям комфортності використовують групу пішоходів (згідно з таблицею G.1), то складову сили P_w , створювану поодиноким пішоходом, допустимо помножити на еквівалентну кількість пішоходів $n'_w = \sqrt{n}$, якщо інше не зазначено в Національному додатку. За припущенням вважають, що еквівалентна кількість пішоходів повністю синхронізована за частотою і фазою із власною частотою пішохідного моста.

Примітка 1. За консервативного підходу, навантагу $P_w(t, v_w = 0)$ достатньо зосередити в точці найбільшого відхилення форми власних коливань конструкції.

Примітка 2. Тривалість завантаження може бути скорочена до часу, впродовж якого пішохід перебуває на конструкції.

Примітка 3. Додаткові правила застосування може бути визначено в Національному додатку.

G.6 Модель гармонічної навантаги від поодинокого бігуна чи групи бігунів

(1) Перевіряння відповідності критеріям комфортності у разі збурення коливань конструкції, спричиненого бігуном чи групою бігунів, виконують згідно з A.2.8.3 та додатком H EN 1990:2023.

(2) Модель навантаги є одиночною навантагою $P_j(t, v_j)$ (H), що рухається по мосту зі швидкістю $v_j = 3,0$ м/с.

$$P_j(t, v_j) = P_j \times \cos(2 \times \pi \times f_s \times t) \times \psi_j, \quad (\text{G.5})$$

де

$P_j \times \cos(2 \times \pi \times f_s \times t)$ – гармонічна навантага, спричинена бігунами;

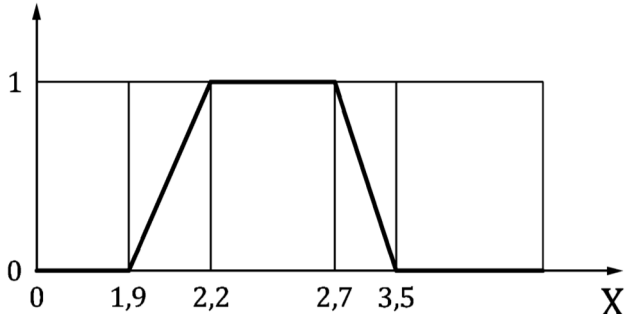
P_j – складова сили, яку створює поодинокий бігун із частотою кроків f_s ; складові сили використовують із таблиці G.3;

f_s – власна частота коливань пішохідного моста;

ψ_j – понижувальний коефіцієнт для врахування ймовірності наближення частоти кроків бігуна до критичного діапазону значень

власної частоти конструкції; значення ψ_j приймають згідно з таблицею G.3.

Таблиця G.3 – Параметри моделі навантаги, спричиненої поодиноким бігуном

P_j (періодичний ритмічний рух людини з частотою кроків вищою, ніж за звичайної ходьби; «біг підтюпцем»), Н		
Вертикальна складова сили, 1250 Н	Поздовжня складова сили, –	Поперечна складова сили, –
Понижувальний коефіцієнт, ψ_j (періодичний ритмічний рух людини з частотою кроків вищою, ніж за звичайної ходьби; «біг підтюпцем»)		
 Умовна позначка: X – частота конструкції		

(3) Якщо для перевірення на відповідність критеріям комфортності використовують групу бігунів (згідно з таблицею G.1), то складову сили, створювану поодиноким бігуном, допустимо помножити на еквівалентну кількість бігунів $n'_j = \sqrt{n}$, якщо інше не передбачено в Національному додатку.

За припущенням вважають, що в ідеальній ситуації еквівалентна кількість бігунів синхронізована за частотою та фазою із власною частотою коливань пішохідного мосту.

Примітка 1. За консервативного підходу, навантагу $P_j(t, v_j = 0)$ достатньо зосередити в точці найбільшого відхилення форми коливань конструкції.

Примітка 2. Тривалість завантаження може бути скорочена до часу, впродовж якого бігуни перебувають на конструкції.

Примітка 3. Додаткові правила застосування може бути визначено в Національному додатку.

G.7 Гармонічна навантага від навмисного збурення коливань

(1) Пішохідний міст проєктують із таким розрахунком, щоб навмисно прикладені вертикальні коливання внаслідок синхронізованих стрибків не призводили до відмови чи пошкодження конструкції в умовах граничного стану за несною здатністю.

Примітка. Додаткові рекомендації може бути викладено в Національному додатку чи визначено для конкретного проєкту.

(2) За припущенням вважають, що синхронізовані стрибки відбуваються в найбільш критичній ділянці моста із частотою в межах від 1,7 Гц до 3,0 Гц. Складова сили становить 1 280 Н. Залежно від розташування та призначеності моста, за припущенням, можна прийняти значення $N = 2 \dots 5P$ (тобто від 2 до 5 осіб). Спричинену діями людей навантагу в ідеальній ситуації вважають синхронізованою за частотою і фазою із власною частотою коливань моста.

Примітка. Значення 1 280 Н відповідає навантаженню від однієї особи 800 Н, помноженому на коефіцієнт динамічного посилення 1,6.

(3) У разі більших мостів замість моделі гармонічної навантаги у ситуації навмисного збурення коливань допустимо застосовувати класи навантаги від потоку пішоходів TC4A чи TC5A (див. таблицю G.1) для перевіряння на відповідність умовам граничного стану за несною здатністю.

(4) Якщо можливо отримати підтвердження, що синхронізовані стрибки не спричинятимуть неприйнятних коливань упродовж 20 секунд, то це сполучення навантаги допустимо не враховувати.

Примітка. Обґрунтування полягає в тому, що спробу навмисного збурення коливань конструкції, що потребуватиме надмірних зусиль, буде припинено.

G.8 Рекомендації щодо розрахунку

G.8.1 Оцінювання власних частот і форм коливань

(1) Під час оцінювання власних частот коливань пішохідного моста враховують відхили, можливі на завершеній будівництвом конструкції. Такі відхили часто виникають через відмінності у (фактичних) граничних умовах порівняно з передбаченими, або через інші недосконалості моделювання. Якщо не виконують аналізування чутливості (до змінення параметрів), то може бути враховано варіативність частоти на рівні 5 %.

(2) Власні частоти та відповідні форми коливань моделі визначають розрахунком, застосовуючи загальноприйняті методи конструкційної динаміки (динаміки споруд):

- аналітичні розв'язки, отримані з використанням класичних формул чи ітераційних методів;

- числові розв'язки, отримані з використанням дискретизованих моделей, таких як метод скінченних елементів (FEM).

G.8.2 Оцінювання маси

(1) Маса у конфігурації моделі має охоплювати найбільш обґрунтовані оцінки конструкційної та неконструкційної маси.

(2) У розрахунку власної частоти коливань рекомендовано враховувати масу пішоходів, якщо модальна маса пішоходів (ефективна маса руху людей) перевищує 5 % від модальної маси пішохідного моста.

G.8.3 Оцінювання жорсткості

(1) Жорсткість конструкційних елементів у моделі враховують застосуванням параметрів пружності матеріалів за достатньо малого діапазону деформацій, що відповідає коливанням під дією експлуатаційних навантаж і швидкості завантаження, визначених у

A.2.8.3.2 EN 1990:2023, тобто в межах від 1,25 Гц до 2,3 Гц. Довідкові значення модуля пружності та інших параметрів матеріалів наведено в Єврокодах щодо конструкційних матеріалів: EN 1991-1-1, EN 1992-1-1, EN 1993-1-1, EN 1994-1-1, EN 1995-1-1, EN 1996-1-1.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

Зазначене вище посилання на A.2.8.3.2 EN 1990:2023 є помилковим, оскільки такого пункту не існує. Щодо оцінювання жорсткості конструкції за умов коливань відповідним посиланням варто вважати A.2.9.3 EN 1990:2023, у якому розглянуто частотні характеристики та поведінку конструкції за умов експлуатаційних навантаж.

(2) За умов низькоамплітудних коливань, характерних для пішохідних мостів, неконструкційні елементи можуть спричиняти суттєві ефекти, пов'язані з жорсткістю, і ці ефекти рекомендовано враховувати.

G.8.4 Оцінювання демпфування конструкції

(1) За відсутності іншої інформації, коефіцієнти демпфування для забезпечення умов експлуатаційної придатності за середніх амплітуд коливань можна прийняти із поданої нижче таблиці G.4.

(2) Щоб врахувати невизначеність у значенні коефіцієнта демпфування, виконують аналіз чутливості (перевіряння на вплив унаслідок змінення параметрів). Щоб отримати точніші значення, можна використовувати експериментальні дані вимірювань та наявну інформацію про поведінку подібних конструкцій.

(3) Аналізування чутливості виконують також щодо впливу демпфування на результати розрахунку.

Таблиця G.4 – Коефіцієнт критичного демпфування, ζ

Конструкційний матеріал	ζ
Алюміній	0,4 %
Залізобетон	1,3 %
Попередньо напружений залізобетон	1,0 %
Композитна конструкція зі сталезалізобетону	0,6 %
Сталь	0,4 %
Деревина	1,5 %
Міст зі стрічковою конструкцією (зазвичай із бетону з внутрішнім армуванням)	1,0 %

Примітка. Кількісна величина демпфування, визначена для конструкції, є важливим параметром для оцінювання амплітуди коливань, спричинених пішоходами. Затухання коливань, тобто розсіювання енергії всередині конструкції, залежить як від внутрішнього демпфування матеріалів, що має розподілений характер, так і від місцевого впливу опорних частин, механічних з'єднань та різних пристроїв контролювання (демпферів). Додаткове демпфування забезпечують також неконструкційні елементи, наприклад, поручні та настільне покриття. У загальній ситуації, кількісна величина демпфування залежить від рівня коливань, оскільки вищі амплітуди спричиняють більше тертя між конструкційними та неконструкційними елементами й опорними частинами.

(4) Оскільки оцінювання конструкційних характеристик, зокрема власної частоти коливань та демпфування, супроводжується таким явищем як невизначеність, то внаслідок цього розрахункова реакція конструкції також лишається непевною.

(5) У ситуації досягнення великих амплітуд коливань, як наприклад, під час синхронізованих стрибків чи інших надзвичайних розрахункових ситуацій, можна спостерігати вищі коефіцієнти демпфування. У таких ситуаціях допустимо застосовувати альтернативні значення демпфування, погоджені для конкретного проєкту відповідними сторонами-учасниками.

G.8.5 Визначення максимального прискорення

(1) Потрібно оцінити граничні прискорення конструкції на рівні частоти до 20 Гц. Виконуючи аналіз форм коливань, високочастотні коливання можна не враховувати. У разі інших типів аналізування розгляд нижніх частот може бути обмежено до рівня 20 Гц.

G.8.6 Критерії перевіряння бічного резонансного захоплення

(1) Кількість пішоходів, що спричиняє бічне резонансне захоплення (тобто значення N_L , за якого демпфування конструкції зникає, викликаючи раптове посилення коливань), може бути визначено за формулою:

$$N_L = \frac{8\pi\zeta m^* f}{k}, \quad (\text{G.6})$$

де

ζ – коефіцієнт критичного демпфування конструкції (безрозмірна величина);

m^* – модальна маса;

f – власна частота;

k – стала величина (приблизно 300 Н•с/м у діапазоні 0,5–1,0 Гц).

(2) Інший підхід полягає у визначенні граничної амплітуди прискорення, за якої розпочинається таке явище, як бічне резонансне захоплення, що може виникнути у момент, коли бічні прискорення перевищують 0,10–0,15 м/с².

(3) У таких ситуаціях вживають відповідних заходів: запроваджують системи контролювання коливань або модифікують конструкцію так, щоб уникнути цього явища. Додаткові рекомендації викладено в технічному звіті [2].

G.8.7 Контролювання коливань

(1) Контролювання коливань можна забезпечити, використовуючи спеціальні пристрої чи технології, зокрема:

- в'язкі демпфери, фрикційні демпфери та подібні пристрої; вони забезпечують пасивне розсіювання енергії, і в моделі динамічного розрахунку їх потрібно розглядати як дискретні елементи;

- налаштовані масові демпфери (*tuned mass dampers*); ефективність таких пристроїв зазвичай обмежена вузьким діапазоном частот, тому варто ретельно перевіряти, чи узгоджується частотна характеристика демпферів з реакцією конструкції та чи не спричинять вони небажаних змін у її поведінці;

- інші пристрої, такі як активні чи напіваактивні системи демпфування, магнітореологічні демпфери тощо, допустимо застосовувати за відповідного обґрунтування.

Примітка. Рекомендовано виконати перевіряння відповідності умовам граничного стану за несною здатністю (у ситуації навмисного збурення коливань) без урахування налаштованих масових демпферів, за винятком ситуації, у якій забезпечено контролювання їхніх функцій.

(2) Поздовжнім коливанням запобігають виконанням таких заходів: створенням достатньо жорстких тримальних конструкцій; встановленням фіксованих опорних частин. Як загальний запобіжний захід, потрібно забезпечити міцність та адекватний захист від вертикального чи бічного переміщення конструкційних опорних частин.

БІБЛІОГРАФІЯ

Нормативні документи, посилання на які містять положення цього стандарту, сформульовані як рекомендації (тобто за використання дієслова «should»)

Нижче зазначено документи, посилання на які містять положення цього стандарту так, що частина або весь їхній зміст є настійно рекомендованим варіантом чи способом дії згідно з цим стандартом. Відповідно до національного законодавства та/або будь-яких застосовних контрактних положень може бути використано/прийнято альтернативні стандарти, якщо це технічно обґрунтовано. У разі датованих посилань застосовують лише наведені видання. У разі недатованих посилань застосовують останнє видання зазначеного в посиланні документа (разом зі змінами).

EN 1991 (all parts) Eurocode 1: Actions on structures

EN 1991-1-1³ Eurocode 1 – Actions on structures – Part 1-1: Specific weight of materials, self-weight of construction works and imposed loads on buildings

EN 1991-1-7⁴ Eurocode 1 – Actions on structures – Part 1-7: General actions – Accidental actions

EN 1995 (all parts) Eurocode 5 – Design of timber structures

EN 1996 (all parts) Eurocode 6 – Design of masonry structures

EN 1997 (all parts) Eurocode 7 – Geotechnical design

EN 1998 (all parts) Eurocode 8 – Design of structures for earthquake resistance

³ На розгляді. Стадія на час публікації цього стандарту: prEN 1991-1-1:2023.

⁴ На розгляді. Стадія на час публікації цього стандарту: prEN 1991-1-7:2023.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

EN 1991 (всі частини) Eurocode 1. Дії на конструкції

EN 1991-1-1 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-1. Питома вага матеріалів, власна вага будівельних споруд та експлуатаційні навантаги на будівлі

EN 1991-1-7 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-7. Загальні дії. Аварійні дії

EN 1995 (всі частини) Єврокод 5. Проектування дерев'яних конструкцій

EN 1996 (всі частини) Єврокод 6. Проектування кам'яних конструкцій

EN 1997 (всі частини) Єврокод 7. Геотехнічне проектування

EN 1998 (всі частини) Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій

Нормативні документи, посилання на які містять положення цього стандарту, сформульовані як допустимі умови (тобто за використання дієслова «мау»)

Нижче зазначено документи, посилання на які містять положення цього стандарту так, що частина або весь їхній зміст визначає способи дії, допустимі у межах сфери застосування Єврокодів. У разі датованих посилань застосовують лише наведені видання. У разі недатованих посилань застосовують останнє видання зазначеного в посиланні документа (разом зі змінами).

EN 1991-1-5⁵ Eurocode 1 – Actions on structures – Part 1-5: Thermal actions

⁵ На розгляді. Стадія на час публікації цього стандарту: prEN 1991-1-5:2023.

ДСТУ EN 1991-2:20XX

Design of Lightweight Footbridges for Human Induced Vibrations,
JRC No. 53442, 2009

EN 13146-1 Railway applications – Track – Test methods for
fastening systems – Part 1: Determination of longitudinal rail restraint

ISO 8608 Mechanical vibration – Road surface profiles – Reporting of
measured data

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

EN 1991-1-5 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-5. Теплові дії

Проектування легких пішохідних мостів з урахуванням коливань,
спричинених людиною, JRC № 53442, 2009

EN 13146-1 Залізничний транспорт. Колія. Методи випробування
систем кріплення рейок. Частина 1. Визначення опору рейок
поздовжньому зсуву

ISO 8608 Механічна вібрація. Профіль дорожнього покриття.
Звітність про виміряні дані

Нормативні документи, посилання на які наведено в цьому
стандарті в положеннях, сформульованих як можливі умови (за
допомогою дієслова «can»), а також у примітках.

За допомогою посилань на зазначені нижче документи в цьому
стандарті надано довідкову інформацію, наприклад, у положеннях,
сформульованих за допомогою дієслова «can», а також у примітках

EN 1317-1:2010 Road restraint systems – Part 1: Terminology and
general criteria for test methods

EN 1317-2 Road restraint systems – Part 2: Performance classes,
impact test acceptance criteria and test methods for safety barriers
including vehicle parapets

EN 13146-7 Railway applications – Track – Test methods for fastening systems – Part 7: Determination of clamping force and uplift stiffness

EN 13674-1 Railway applications – Track – Rail – Part 1: Vignole railway rails 46 kg/m and above

EN 14067-4:2013+A1:2018 Railway applications – Aerodynamics – Part 4: Requirements and test procedures for aerodynamics on open track

EN 16727-2-2:2016 Railway applications – Track – Noise barriers and related devices acting on airborne sound propagation – Non-acoustic performance – Part 2-2: Mechanical performance under dynamic loadings caused by passing trains – Calculation method

CEN/TR 16949 Road restraint system – Pedestrian restraint system – Pedestrian parapets

CEN/TR 17231 Eurocode 1: Actions on Structures – Traffic Loads on Bridges – Track-Bridge Interaction

ISO 1920-10 Testing of concrete – Part 10: Determination of static modulus of elasticity in compression

ISO 6707-1 Buildings and civil engineering works – Vocabulary – Part 1: General terms

STANAG 2021 Military Load Classification of Bridges, Ferries, Rafts and Vehicles

ERRI D 214/RP 9 Final Report – Part A: Synthesis of the results of D 214 research, Part B: Proposed UIC Leaflet, 1999, UIC/ERRI

ERRI D 214.2/RP 1 Summary of results of D 214.2 (Final Report), 2000, UIC/ERRI

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

EN 1317-1:2010 Дорожні стримувальні системи. Частина 1. Терміни та загальні методи випробування

EN 1317-2 Дорожні стримувальні системи. Частина 2. Класи експлуатаційних характеристик, критерії прийнятності ударних випробувань і методи випробування огорожень бар'єрного та парпетного типів

EN 13146-7 Залізничний транспорт. Колія. Методи випробування систем кріплення рейок. Частина 7. Визначення сили стискання та жорсткості за відриву

EN 13674-1 Залізничний транспорт. Колія. Залізниця. Частина 1. Рейки типу Віньоль масою 46 кг/м та більше

EN 14067-4:2013+A1:2018 Залізничний транспорт. Аеродинаміка. Частина 4. Вимоги та методи випробування аеродинаміки на відкритій колії

EN 16727-2-2:2016 Залізничний транспорт. Колія. Шумозахисні бар'єри та пов'язані з ними пристрої, що впливають на поширення звуку в повітрі. Неакустичні характеристики. Частина 2-2. Механічні характеристики за динамічних навантажень, спричинених рухом потягів. Метод розрахунку

CEN/TR 16949 Дорожні стримувальні системи. Стримувальні системи для пішоходів. Поручневі огорожі

CEN/TR 17231 Єврокод 1. Дії на конструкції. Рухомі навантаги на мости. Взаємодія колії та моста

ISO 1920-10 Випробування бетону Частина 10. Визначення статичного модуля пружності за стиску

ISO 6707-1 Спорудження будівель та цивільне будівництво.
Словник термінів. Частина 1. Загальні терміни

STANAG 2021 Класифікація військового навантаження мостів,
поромів, понтонів і транспортних засобів

ERRI D 214/RP 9 Підсумковий звіт. Частина А. Узагальнення
результатів дослідження D 214. Частина В. Проектна пропозиція
бюлетеня UIC, 1999, UIC/ERRI

ERRI D 214.2/RP 1 Узагальнений звіт про результати
дослідження D 214.2 (Підсумковий звіт), 2000, UIC/ERRI

ДОДАТОК НА

(довідковий)

**ПЕРЕЛІК НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ УКРАЇНИ, ІДЕНТИЧНИХ
ЄВРОПЕЙСЬКИМ ТА МІЖНАРОДНИМ НОРМАТИВНИМ
ДОКУМЕНТАМ, ПОСИЛАННЯ НА ЯКІ Є В ЦЬОМУ СТАНДАРТІ**

ДСТУ EN 1990:20XX (EN 1990:2023, IDT) Єврокод. Основи будівельного та геотехнічного проектування

ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2010 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1992-1-1:2004, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1992-1-2:2004, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1992-2:2012 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 2. Залізобетонні мости. Правила проектування (EN 1992-2:2005, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1992-3:2012 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 3. Конструкції для зберігання і утримання рідини (EN 1992-3:2006, IDT)

ДСТУ EN 1993-1-1:20XX (EN 1993-1-1:2022, IDT) Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для будівель

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій . Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкції на вогнестійкість (EN 1993-1-2:2005, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-3:2012 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-3. Загальні правила. Додаткові правила для

холодноформованих елементів і профільованих листів
(EN 1993-1-3:2006, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-4:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-4. Загальні положення. Додаткові правила для нержавіючої сталі (EN 1993-1-4:2006, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-5:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-5. Пластинчасті конструктивні елементи (EN 1993-1-5:2006, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-6:2011 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-6. Міцність та стійкість оболонок (EN 1993-1-6:2007, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-7:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-7. Пластинчасті конструкції при навантаженні поза межами площини (EN 1993-1-7:2007, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-8:2011 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-8. Проєктування з'єднань (EN 1993-1-8:2005, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-9:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-9. Витривалість (EN 1993-1-9:2005, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-10:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-10. Властивості тріщиностійкості і міцності матеріалу у напрямі товщини прокату (EN 1993-1-10:2005, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-11:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-11. Проєктування конструкцій з розтягнутими елементами (EN 1993-1-11:2006, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-1-12:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 1-12. Додаткові правила до EN 1993 для сталей класів не вище S 700 (EN 1993-1-12:2007, IDT)

ДСТУ EN 1991-2:20XX

ДСТУ-Н Б EN 1993-2:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 2. Сталеві мости (EN 1993-2:2006, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-3-1:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 3-1. Башти, щогли і димові труби. Башти і щогли (EN 1993-3-1:2006, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-3-2:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 3-2. Башти, щогли і димові труби. Димові труби (EN 1993-3-2:2006, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-4-1:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 4-1. Силоси (EN 1993-4-1:2007, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-4-2:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 4-2. Резервуари (EN 1993-4-2:2007, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-4-3:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 4-3. Трубопроводи (EN 1993-4-3:2007, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-5:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 5. Палі (EN 1993-5:2007, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1993-6:2012 Єврокод 3. Проєктування сталевих конструкцій. Частина 6. Підкранові конструкції (EN 1993-6:2007, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1994-1-1:2010 Єврокод 4. Проєктування сталебетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1994-1-1:2004, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1994-1-2:2012 Єврокод 4. Проєктування сталебетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1994-1-2:2005, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1994-2:2012 Єврокод 4. Проєктування сталебетонних конструкцій. Частина 2. Загальні правила і правила для мостів (EN 1994-2:2005, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1995-1-1:2010 Єврокод 5. Проектування дерев'яних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1995-1-1:2004, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1997-1:2010 Єврокод 7. Геотехнічне проектування. Частина 1. Загальні правила (EN 1997-1:2004, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1999-1-1:2010 Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила для конструкцій (EN 1999-1-1:2007, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1999-1-2:2010 Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-2. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1999-1-2:2007, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1999-1-3:2012 Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-3. Конструкції чутливі до витривалості (EN 1999-1-3:2007, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1999-1-4:2012 Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-4. Холодноформовані листи (EN 1999-1-4:2007, IDT)

ДСТУ-Н Б EN 1999-1-5:2012 Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій. Частина 1-5. Конструкції оболонок (EN 1999-1-5:2007, IDT)

ДСТУ EN 15663:2022 (EN 15663:2017+A1:2018, IDT) Залізничний транспорт. Контрольні маси транспортних засобів

ДСТУ EN 1991-2:20XX

Коди згідно з НК 004 91.010.30; 93.040

Ключові слова: дії, динамічні ефекти, інженерні споруди, конструкції мостів, модель навантаги, рухома навантага