

**НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**ДСТУ EN 13979-1:201Х**

**(EN 13979-1:2013+A2, IDT)**

(перша редакція)

**Залізничний транспорт**

**Колісні візки**

**Моноблочні колеса**

**Технічна процедура затвердження**

**Частина 1:**

**Колеса ковані та катані**

***Видання офіційне***

**Київ**

**ДП»УкрНДНЦ»**

**2018**

**ПЕРЕДМОВА**

1 РОЗРОБЛЕНО: Технічний комітет зі стандартизації «Вагони» (ТК 83)

2 НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ») від \_\_201\_

З Національний стандарт відповідає EN 13979-1:2003+А2 Railway applications – Wheelsets and bogies – Monobloc wheels – Technical approval procedure – Part 1: Forged and rolled wheels (Колісні візки Моноблочні колеса Технічна процедура затвердження Частина 1: Колеса ковані та катані, і внесений з дозволу CEN-CENELEC Management Centre:Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 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 EN 13979-1:2003+А1:2009.

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

Право власності на цей національний стандарт належить державі.

Заборонено повністю чи частково видавати, вітворювати 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», 2018

**Зміст Сторінки**

[НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП VII](#_Toc524527325)

[Вступ IX](#_Toc524527326)

[1 Сфера застосування 1](#_Toc524527327)

[2 Нормативні посилання 2](#_Toc524527328)

[3 Параметри визначення виду застосування коліс 3](#_Toc524527329)

[3.1 Геометричні параметри взаємозамінності 3](#_Toc524527330)

[3.1.1 Вимоги до функціональності 3](#_Toc524527331)

[3.1.2 Вимоги до монтажу 4](#_Toc524527332)

[3.1.3 Вимоги до технічного обслуговування 4](#_Toc524527333)

[3.2 Параметри термомеханічного контролю 4](#_Toc524527334)

[3.3 Параметри механічного контролю 5](#_Toc524527335)

[3.4 Параметри акустичного контролю 5](#_Toc524527336)

[4 Опис колеса, яке підлягає технічному затвердженню 6](#_Toc524527337)

[5 Оцінка взаємозамінності за геометричними параметрами 6](#_Toc524527338)

[6 Оцінка термомеханічних параметрів 7](#_Toc524527339)

[6.1 Загальна процедура 7](#_Toc524527340)

[6.2 Перший етап. Стендове гальмівне випробування 8](#_Toc524527341)

[6.2.1 Методика випробування 8](#_Toc524527342)

[6.2.2 Критерії приймання 8](#_Toc524527343)

[6.3 Другий етап. Стендове руйнівні випробування колеса 9](#_Toc524527344)

[6.3.1 Загальні положення 9](#_Toc524527345)

[6.3.2 Методика випробування 9](#_Toc524527346)

[6.3.3 Критерії приймання 10](#_Toc524527347)

[6.4 Третій етап. Експлуатаційне гальмівне випробування 10](#_Toc524527348)

[6.4.1 Загальні положення 10](#_Toc524527349)

[6.4.2 Методика випробування 10](#_Toc524527350)

[6.4.3 Критерії приймання 10](#_Toc524527351)

[7 Оцінка механічних характеристик 11](#_Toc524527352)

[7.1 Загальна процедура 12](#_Toc524527353)

[7.2 Перший етап - Розрахунок 12](#_Toc524527354)

[7.2.1 Сили, які прикладаються 12](#_Toc524527355)

[7.2.2 Методика розрахунку 14](#_Toc524527356)

[7.2.3 Критерії прийняття 14](#_Toc524527357)

[7.3 Другий етап. Стендові випробування 15](#_Toc524527358)

[7.3.1 Загальні положення 15](#_Toc524527359)

[7.3.2 Визначення характеристик стендового навантаження і процедури випробовування 15](#_Toc524527360)

[7.3.3 Критерії прийняття 15](#_Toc524527361)

[8 Оцінка акустичних параметрів 16](#_Toc524527362)

[8.1 Загальна процедура 16](#_Toc524527363)

[8.2 Методика розрахунку 17](#_Toc524527364)

[8.3 Вимірювання в умовах експлуатації 17](#_Toc524527365)

[8.4 Критерії прийняття 17](#_Toc524527366)

[9 Документація для технічного затвердження 19](#_Toc524527367)

[Додаток А (обов’язковий) Оцінка термомеханічних параметрів 21](#_Toc524527368)

[А.1 Блок-схема оцінки 21](#_Toc524527369)

[А.2 Методика стендового гальмівного випробування 22](#_Toc524527370)

[А.2.1 Принцип випробувань 22](#_Toc524527371)

[А.2.2 Визначення гальмування 22](#_Toc524527372)

[А.2.3 Метод визначення критеріїв прийняття 23](#_Toc524527373)

[А.2.4 Випробування та вимірювання 26](#_Toc524527374)

[A.2.5 Відхилення 27](#_Toc524527375)

[А.3 Методика стендового випробування колеса на руйнування 28](#_Toc524527376)

[А.3.1 Принцип випробування 28](#_Toc524527377)

[А.3.2 Параметри випробувань фрикційного гальма 28](#_Toc524527378)

[А.3.3 Створення попередньої тріщини обода 29](#_Toc524527379)

[А.3.4 Спеціальні методи вимірювань, необхідні для цього випробування 29](#_Toc524527380)

[А.3.5 Випробування та вимірювання 30](#_Toc524527381)

[A.3.6 Відхилення показників від норми 31](#_Toc524527382)

[А.4 Методика стендових гальмівних випробувань 31](#_Toc524527383)

[А.4.1 Принцип випробувань 31](#_Toc524527384)

[А.4.2 Визначення гальмування 31](#_Toc524527385)

[А.4.3 Метод визначення критеріїв прийняття 32](#_Toc524527386)

[А.4.4 Стандартні ходові випробування 33](#_Toc524527387)

[А.4.5 Випробування та вимірювання 35](#_Toc524527388)

[A.4.6 Відхилення 36](#_Toc524527389)

[Додаток В (обов’язковий) Блок-схема оцінки механічних характеристик 38](#_Toc524527390)

[Додаток C (довідковий) Механічні характеристики – Оцінка за допомогою методу кінцевих елементів 39](#_Toc524527391)

[Додаток D (інформативний) Механічні характеристики. Встановлення на стенд і методика випробування 40](#_Toc524527392)

[D.1 Схема навантаження стенда і методика випробування 40](#_Toc524527393)

[D.2 Визначення навантаження 40](#_Toc524527394)

[D.2.1Загальні положення 40](#_Toc524527395)

[D.2.2 Вимірювання напружень під час експлуатаційних випробувань 41](#_Toc524527396)

[D.3 Стендове випробування на опір втомі 42](#_Toc524527397)

[D.3.1 Метод 1. Випробування на опір втомі в умовах випадкового навантаження 42](#_Toc524527398)

[D.3.2 Метод 2 - Одноетапне випробування на опір втомі 44](#_Toc524527399)

[Додаток E (інформативний) Оцінка акустичних параметрів 48](#_Toc524527400)

[Е.1 Алгоритм оцінки 48](#_Toc524527401)

[Е.2 Методика розрахунку 49](#_Toc524527402)

[Е.2.1 Попередні зауваження 49](#_Toc524527403)

[Е.2.2 Розрахунок модальної бази колеса 49](#_Toc524527404)

[Е.2.3 Вибір еталонної модальної бази колеса 49](#_Toc524527405)

[Е.2.4 Визначення параметрів розрахунку 49](#_Toc524527406)

[Е.2.5 Розрахунок потужності 50](#_Toc524527407)

[Е.2.6 Введення даних 51](#_Toc524527408)

[Е.2.7 Розрахунки критеріїв прийняття рішення щодо технічного затвердження колеса в залежності від акустичних характеристик 52](#_Toc524527409)

[Е.2.8 Додаткові розрахунки 52](#_Toc524527410)

[Е.3 Методика експлуатаційних вимірювань 53](#_Toc524527411)

[Е.3.1 Завдання і попереднє спостереження 53](#_Toc524527412)

[Е.3.2 Рекомендації щодо умов експлуатації 53](#_Toc524527413)

[Е.3.3 Методика вимірювання 59](#_Toc524527414)

[Е.3.4 Аналіз результатів 63](#_Toc524527415)

[Додаток F (інформативний) Параметри при фрикційному гальмуванні для експлуатаційної сумісності 68](#_Toc524527416)

[Додаток ZA (довідковий) Відповідність Європейського Стандарту Обов’язковим Вимогами Директиви ЄС 2008/57/ЕС 69](#_Toc524527417)

[Бібліографія 77](#_Toc524527418)

[ДОДАТОК НА (довідковий) Перелік національних стандартів України, ідентичних з міжнародними і європейськими стандартами, посилання на які є в цьому стандарті 81](#_Toc524527419)

# НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей національний стандарт ДСТУ EN 13979-1:201Х (EN 13979-1:2003, IDT) «Колісні візки Моноблочні колеса Технічна процедура затвердження Частина 1: Колеса ковані та катані», прийнятий методом перекладу, ідентичний щодо EN 13979-1:2003+А2 (версія en) Railway applications – Wheelsets and bogies – Monobloc wheels – Technical approval procedure – Part 1: Forged and rolled wheels (

Технічний комітет, відповідальний за цей стандарт в Україні, - ТК 83 «Вагони».

Цей стандарт прийнято на заміну ДСТУ EN 13979-1:2003+А1:2009 Railway applications – Wheelsets and bogies – Monobloc wheels – Technical approval procedure – Part 1: Forged and rolled wheels, прийнятого методом підтвердження.

У цьому стандарті зазначено вимоги, які відповідають законодавству України.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

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

- структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Передмову», «Національний вступ», першу сторінку, «Терміни та визначення понять» і «Бібліографічні дані» - оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;

- у розділі 2 «Нормативні посилання» наведено «Національне пояснення», виділене рамкою.

- вилучено «Передмову» до EN 13979-1:2003 як таку, що безпосередньо не стосується технічного змісту цього стандарту.

- долучено довідковий додаток НА (Перелік національних стандартів України, ідентичних і/або модифікованих з міжнародними та европейськими стандартами, посилання наякі є в цьому стандарті).

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

# Вступ

Цей стандарт розроблено комітетом зі стандартизації ТК 83 «Вагони».

На сьогодні в нормативних документах UIC на колеса, які призначені для використання в Європі зазначено:

* конструкція колеса повинна бути стандартизована;
* конструкція повинна відповідати вимогам до якості, визначеним у настанові UIC 812-3.

З одного боку, для того, щоб мати можливість адаптуватися до нових умов роботи на залізничному транспорті, з іншого боку, з метою сприяння впровадженню нових технічних рішень, виникла необхідність замінити положення зі стандартизації на визначення технічних вимог, яким повинна відповідати конструкція колеса, щоб бути прийнятою до експлуатації на Європейських залізничних дорогах.

У цьому стандарті визначені такі технічні вимоги та точно описується методика оцінки конструкції колеса.

Для можливості застосування цих технічних вимог необхідно визначити тип застосування колеса; цей стандарт також регламентує методику визначення такого використання.

Описано щонайменше чотири різні категорії (групи) параметрів контролю:

* геометричні параметри: дозволяють взаємозамінність різних технічних рішень під час одного застосування;
* термомеханічні параметри: за ними визначають методику дій при деформаціях коліс та заходи по запобіганню руйнування коліс під час гальмування;
* механічні параметри: повинні забезпечити відсутність втомних тріщин у диску колеса;
* акустичні параметри: повинні забезпечити доцільність обраного технічного рішення при порівнянні з еталонним колесом для відповідного використання.

Для кожного з цих трьох останніх параметрів запропоновані правила, які направлені на скорочення процедури шляхом спрощення поставлених цілей завдяки використанню дослідного колеса.

У цьому стандарті не розглядається оцінка маточини та статичні механічні розміри колеса.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**Залізничний транспорт**

**Колісні візки**

**Моноблочні колеса**

**Технічна процедура затвердження**

**Частина 1:**

**Колеса ковані та катані**

Railway applications

Wheelsets and bogies

Monobloc wheels Technical approval procedure

Part 1:

Forged and rolled wheels

**Чинний від 201Х-ХХ-ХХ**

# 1 Сфера застосування

Метою цього Стандарту є визначення вимог, яким моноблочне (суцільнокатане) колесо вантажного або пасажирського залізничного транспортного засобу з немоторною віссю, повинно відповідати, щоб його можна було використовувати на європейських залізничних мережах.

Відносно коліс, встановлених на моторних осях або коліс із шумопоглиначем, вимоги можуть бути змінені або доповнені.

До міських транспортних засобів та трамваїв можуть застосовуватися інші стандарти або документи, затверджені замовником та постачальником.

Цей Стандарт застосовується тільки до коліс нової конструкції.

Ці вимоги призначені для оцінки придатності вибору конструкції для запланованого використання.

Оцінка відповідності цим вимогам є методикою технічного затвердження.

Цей Стандарт застосовується до кованих та катаних коліс, вимоги якості до яких визначені в EN 13262 .

# 2 Нормативні посилання

Наступні документи, на які є посилання, є обов'язковими при застосуванні цього документа. Для посилань із зазначенням дати застосовують лише видання, з яких взята цитата. Відносно посилань без зазначення дати, застосовується тільки остання редакція документа, на яке виконане посилання (включаючи будь-які зміни) .

EN 12668-3, Non-destructive testing – Characterization and verification of ultrasonic examination equipment – Part 3: Combined equipment

EN 13103, Railway applications – Wheelsets and bogies – Non-powered axles – Design guide

EN 13262, Railway applications – Wheelsets and bogies – Wheels – Product requirements

|  |
| --- |
| НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ  EN 12668-3 Неруйнівний контроль. Характеристика і верифікація обладнання для ультразвукового контролю. Частина 3. Комбіноване обладнання  EN 13103 Залізничний транспорт. Колісні візки. Немоторні осі. Метод проектування  EN 13262 Залізничний транспорт. Колісні візки. Вимоги до коліс. |

# 3 Параметри визначення виду застосування коліс

Використання, для якого колесо повинно пройти процедуру технічного затвердження, визначають за наступними параметрами.

При зміні параметрів використання затвердженого колеса, замовник і постачальник повинні переглянути параметри оцінки.

# 3.1 Геометричні параметри взаємозамінності

Можливість використання коліс визначається геометричними параметрами взаємозамінності, які поділені на три категорії залежно від того, чи пов'язані вони з вимогами щодо функціональності, монтажу чи технічного обслуговування.

# 3.1.1 Вимоги до функціональності

* номінальний діаметр поверхні кочення, який впливає на висоту центра буфера над головкою рейки та габарити навантаження;
* максимальна ширина поверхні обода прилегла до стрілочного переводу, рейковою хрестовиною та рейковими гальмами;
* профіль поверхні кочення поза конусоподібною частиною;
* виліт маточини з внутрішньої сторони обода;
* конусоподібність отвору маточини;
* наявність простору, необхідного для встановлення дискових гальм на колесо;
* необхідний простір на рамі візка для гальмівного обладнання та обладнання підвіски.

# 3.1.2 Вимоги до монтажу

* діаметр отвору;
* довжина маточини для забезпечення виступу маточини над передпідматочинною частиною осі .

# 3.1.3 Вимоги до технічного обслуговування

* діаметр граничного зносу або діаметр останньої обточки;
* форма зносу канавки для змащування;
* геометрія ділянки закріплення колеса на токарному верстаті;
* положення та форма отвору і канавки для змащування;
* загальна форма обода, яка дозволяє проводити ультразвуковий контроль залишкових напружень в колесах під час гальмування, за допомогою гальмівного башмака.

# 3.2 Параметри термомеханічного контролю

Застосовність параметрів контролю має визначатися:

* максимальною енергією гальмування, що створюється тертям між гальмівними колодками і поверхнею рейки. Ця енергія може бути визначена за потужністю а, часом гальмування та швидкістю потягу  під час гальмування. Якщо для визначення застосовують інші параметри (наприклад, гальмування до повної зупинки), ці параметри визначаються за домовленістю між замовником і постачальником;
* типом гальмівних колодок, які встановлені на колесі (матеріал, розміри та кількість).

ПРИМІТКА Для технічно сумісного вантажного рухомого складу немає необхідності перевіряти термомеханічні параметри при гальмуванні до зупинки, а лише при фрикційному гальмуванні, так як при гальмуванні до зупинки енергія гальмування менша.

# 3.3 Параметри механічного контролю

Застосування параметрів контролю визначається:

* максимальним вертикальним статичним навантаженням на колісну пару;
* типом експлуатації транспортних засобів, які будуть оснащені колесами, які підлягають сертифікації;
* описом залізничних ліній: геометричними характеристиками рейкової колії, параметрами кривої, максимальною швидкістю;
* пробігом на цих залізничних коліях;
* розрахунком терміну експлуатації колеса, в кілометрах.

# 3.4 Параметри акустичного контролю

Контроль повинен проводитися за усіма наступними параметрами, які впливають на шум, створюваний колесом, і які безпосередньо не пов'язані з конструкцією колеса, яке підлягає затвердженню:

* еталонна (контрольна) рейкова колія, на якій колесо буде експлуатуватися;
* еталонне колесо, з яким буде порівнюватися конструкція;
* еталонний рухомий склад та один або декілька модулів для визначення еталонних значень швидкостей;
* одна або дві поверхні із спектром шорсткості, типовим для діапазону експлуатаційних значень дослідного колеса.

# 4 Опис колеса, яке підлягає технічному затвердженню

Розробник колеса, яке підлягає технічному затвердженню, повинен надати документацію, яка включає:

* опис процесу виготовлення (кування, прокат, термообробка);
* визначення геометрії колеса (кресленик);
* наступні параметри технологічних процесів, якщо вони відрізняються від тих, які визначені в EN 13262:
* геометричні допуски;
* якість обробки поверхні;
* марка сталі;
* параметри для визначення застосування колеса, для якого необхідне затвердження.

Наприкінці процедури технічного затвердження і до введення в експлуатацію колесо повинно пройти процедуру оцінки відповідності встановленим вимогам, визначену в стандарті EN 13262.

# 5 Оцінка взаємозамінності за геометричними параметрами

Конструкція колеса повинна відповідати вимогам пункту 3.1.

# 6 Оцінка термомеханічних параметрів

# 6.1 Загальна процедура

Ця оцінка може включати в себе три етапи. Перехід від одного етапу до іншого залежить від отриманих результатів.

Блок-схема оцінки наведена в обов’язковому Додатку А.

На кожному з трьох етапів випробування повинно проводитися на новому ободі колеса (номінальний діаметр за колом кочення) та на зношеному ободі колеса (граничний діаметр зносу поверхні кочення).

У обох випадках, і для нового, і для зношеного ободу, геометрія диска дослідного колеса, повинна бути найменш сприятливою для термомеханічного впливу в діапазоні геометричного допуску. Розробник колеса повинен за допомогою числового моделювання підтвердити найгірші параметри досліджуваного колеса. У протилежному випадку результати не найбільш несприятливих геометричних характеристик коліс під час числового моделювання повинні бути відкориговані.

Обов'язкові значення  для експлуатаційної сумісності на європейській залізничній мережі наведені в довідковому Додатку F.

Для вимірювання залишкового напруження дослідні колеса не повинні мати ні граничного зносу канавки, ні скосу.

ПРИМІТКА Станом на цей час, норми розрахунків та термомеханічні параметри є надто неточними та недостатньо добре відомі, щоб використовувати їх в якості параметрів оцінки в якості еталону. У майбутньому, якщо ситуація зміниться, термомеханічний розрахунок повинен проводитися під час першого етапу оцінки.

# 6.2 Перший етап. Стендове гальмівне випробування

# 6.2.1 Методика випробування

Метод випробовування та вимірювання, які необхідно провести, наведені в обов’язковому Додатку А.

Потужність, яку прикладають під час цього випробування, повинна дорівнювати 1,2 ( визначено в пункті 3.2). Тривалість кожного періоду гальмування та швидкості руху потягів визначені в пункті 3.2 ( та ).

# 6.2.2 Критерії приймання

Три критерії повинні бути дотримані одночасно для колеса з новим ободом та колеса зі зношеним ободом.

Колесо з новим ободом:

* максимальне бічне (латеральне) зміщення обода при гальмуванні: +3 / -1 мм;
* рівень залишкового напруження в ободі після охолодження:
* Н/мм2 як середнє значення за трьома вимірюваннями;
*  Н/мм2 для кожного вимірювання;
* максимальне бічне зміщення ободу після охолодження: +1,5 / -0,5 мм.

Колесо зі зношеним ободом:

* максимальне бічне зміщення обода під час гальмування: +3 / -1 мм;
* рівень залишкового напруження в ободі після охолодження:
*  Н/мм2 як середнє значення за трьома вимірюваннями;
*  Н/мм2 для кожного вимірювання;
* максимальне бічне зміщення обода після охолодження: +1,5 / -0,5 мм.

Значення повинно визначатися відповідно до характеристик марки сталі обода колеса. Для марок сталі ER6 та ER7 згідно з вимогами  EN 13262 

Бічне зміщення вважається позитивним, якщо відстань між двома внутрішніми поверхнями колеса, встановленого на колісній парі збільшується.

Для внутрішніх перевезень, якщо допуски колії відрізняються від загальних допусків, які використовуються в Європі, інші значення бічного зміщення ободу колеса можуть бути узгоджені між зацікавленими сторонами.

# 6.3 Другий етап. Стендове руйнівні випробування колеса

# 6.3.1 Загальні положення

До другого етапу переходять лише якщо рівні залишкового напруження, виміряні на першому етапі, перевищують критерії допуску.

# 6.3.2 Методика випробування

Методика випробування наведена в обов’язковому Додатку А.

# 6.3.3 Критерії приймання

Дослідні колеса не повинні руйнуватися.

# 6.4 Третій етап. Експлуатаційне гальмівне випробування

# 6.4.1 Загальні положення

До третього етапу переходять якщо один з результатів першого етапу не відповідає критеріям прийнятності, а колесо не підлягає бракуванню після другого етапу.

# 6.4.2 Методика випробування

Метод випробування та вимірювання, які слід виконати, наведені в обов’язковому Додатку А.

Потужність, яку слід підтримувати під час цього випробування, становить 1,2  ( визначено в пункті 3.2). Тривалість кожного періоду гальмування та швидкість руху потягу визначені в пункті 3.2 (*ta* та *V*a).

# 6.4.3 Критерії приймання

Для колеса з новим ободом та колеса зі зношеним ободом повинні бути дотримані три критерії одночасно.

Колесо з новим ободом:

- максимальне бічне зміщення обода при гальмуванні: +3 / -1 мм;

- рівень залишкового напруження в ободі після випробувань та після охолодження:

*  середнє значення за трьома вимірюваннями;
* для кожного вимірювання;

- максимальне бічне зміщення обода після охолодження: +1,5 /  
-0,5 мм.

Колесо зі зношеним ободом:

* максимальне бічне зміщення обода під час гальмування: +3 / -1 мм;
* рівень залишкового напруження в ободі після випробувань та після охолодження:
*  середнє значення за трьома вимірюваннями;
*  для кожного вимірювання;
* максимальне бічне зміщення обода після охолодження: +1,5 / -0,5 мм.

Значення повинно визначатися відповідно до характеристик марки сталі обода колеса. Для марок сталі ER6 та ER7 згідно з вимогами стандарту EN 13262  Н/мм2

Бічне зміщення вважається позитивним якщо відстань між двома внутрішніми поверхнями колеса колісної пари збільшується.

Для рухомого складу, який експлуатується на внутрішніх залізничних коліях, якщо допуски колії відрізняються від загальних допусків, які використовуються в Європі, інші значення бічного зміщення ободу колеса можуть бути узгоджені між зацікавленими сторонами.

# 7 Оцінка механічних характеристик

# 7.1 Загальна процедура

Ця оцінка може складатися з двох етапів. Другий етап реалізовують залежно від результатів першого етапу. Мета цієї оцінки полягає в забезпеченні відсутності ризику виникнення втомних тріщин на диску колеса або в зоні його з’єднань з маточиною або ободом протягом терміну експлуатації колеса.

Як під час розрахунку, так і під час випробувань геометричні параметри колеса мають бути найменш сприятливими до механічного впливу. Якщо ця умова не дотримується під час випробування, параметри випробувань повинні бути відкориговані шляхом розрахунку.

Блок-схема цієї оцінки наведена в обов’язковому Додатку В.

# 7.2 Перший етап - Розрахунок

# 7.2.1 Сили, які прикладаються

Повинні використовуватися звичайні зусилля. Вони розраховуються на основі значення навантаження . Навантаження  визначено в EN 13103. Воно складає половину вертикальної сили, яка діє на колісну пару встановлену на рейках.

На підставі параметрів, необхідних для механічної оцінки, визначеної в пункті 3.3, необхідно застосовувати додаткові сили, якщо ці параметри створюють більші зусилля (наприклад під час нахилу вагона, проходження кривої та від промерзлих колій тощо).

Необхідно розглянути три варіанти навантаження (див. Рисунок 1):

Варіант 1: пряма колія (центрована колісна пара)

 = 1,25 

 = 0

Варіант 2: крива (гребінь колеса притиснутий до рейки)

 = 1,25 

= 0,6  для неведучих колісних пар

 = 0,7  для ведучих колісних пар.

Варіант 3: стрілочні переводи і хрестовини (внутрішня поверхня гребеня притиснена до рейки)

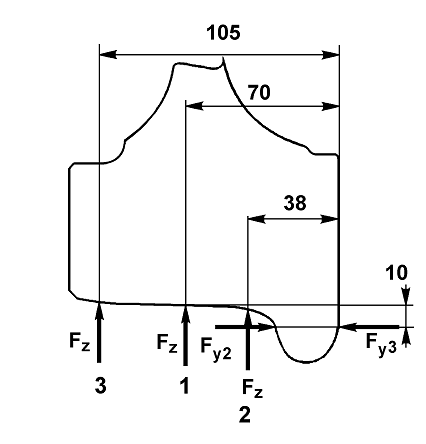
 = 1,25 

 = 0,6  = 0,36  для неведучих колісних пар

 = 0,6  = 0,42 для ведучих колісних пар.

На Рисунку 1 показані точки прикладання різних сил для всіх варіантів навантаження.

Розміри в міліметрах



**Умовні позначення**

1 Пряма рейкова колія

2 Крива

3 Стрілочні переводи і хрестовини

**Рисунок 1 - Точки прикладання різних сил (навантажень)**

# 7.2.2 Методика розрахунку

Для визначення напружень потрібно використовувати алгоритм (програму) розрахунку методом кінцевих елементів. Придатність програми повинна бути доведена, а вибір параметрів, які мають вирішальний вплив на результати, обґрунтований. У довідковому Додатку C зазначений один із цих способів.

Аналіз напружень повинен включати в себе наступні положення:

* визначення головних напружень у всіх вузлах для кожного з трьох варіантів навантаження;
* оцінка максимального головного напруження у кожному вузлі для трьох варіантів навантаження (σмакс) та напрямок головного напруження;
* оцінка мінімального напруження у кожному вузлі, яке дорівнює найнижчому нормальному напруженню в напрямку, для трьох варіантів навантаження ();
* розрахунок для кожного вузла:



# 7.2.3 Критерії прийняття

Діапазон динамічного напруження  повинен бути меншим, ніж допустимі напруження у всіх точках диска колеса.

Допустимі діапазони динамічних напружень, А:

* для коліс з обробленим диском: A = 360 Н/мм2;
* для коліс з необробленим диском: A = 290 Н/ мм2.

# 7.3 Другий етап. Стендові випробування

# 7.3.1 Загальні положення

Другий етап проводять, якщо результати першого етапу виходять за рамки критеріїв прийнятності.

# 7.3.2 Визначення характеристик стендового навантаження і процедури випробовування

Стендові навантаження і процедура випробувань повинні бути узгоджені між розробником колеса та органом, який проводить технічне затвердження.

Навантаження та методика випробування повинні відтворювати у диску напруження (напрямок, рівень та кількість циклів) характерні для тих, яких зазнають колеса протягом усього періоду експлуатації.

У довідковому додатку D зазначений один із способів.

# 7.3.3 Критерії прийняття

Необхідно провести випробування чотирьох коліс.

Після випробування не повинно бути втомних тріщин. Дефект вважають тріщиною якщо його довжина більша або дорівнює 1 мм.

# 8 Оцінка акустичних параметрів

# 8.1 Загальна процедура

Оцінка акустичних параметрів колеса в основному залежить від декількох параметрів, які не мають прямого відношення до конструкції конкретного колеса, яке підлягає затвердженню. Тому отримані характеристики колеса нової конструкції повинні бути порівняні з характеристиками системи еталонне колесо/рейка для заданого стану утримання поверхні рейок.

Структурна схема процедури затвердження колеса на основі акустичних параметрів наведена в довідковому Додатку Е. Технічне затвердження колеса на основі акустичних параметрів може бути реалізовано шляхом розрахунку, якщо тип колеса, що підлягає затвердженню, дозволяє отримати надійні результати, та/або за результатами вимірювань під час випробувань в умовах експлуатації, за запитом:

* варіант 1: процедура, що базується на розрахунках, вважається достовірною. Це стосується моноблокових осесиметричних коліс "стандартного" діаметра (не менше ніж 800 мм), для яких числові розрахунки вже були підтвердженіі[[1]](#footnote-2));
* варіант 2: може бути обрана процедура, що базується на розрахунках та доповнена експериментальним модальним аналізом колеса. Ця методика застосовується до неосесиметричних моноблокових коліс (крім тих, які мають отвори) та моноблокових коліс малого діаметра (менше ніж 800 мм), які вимагають переналагодження розрахункової модальної бази (наприклад коли на колесі встановлений поглинач. Таке переналагодження обумовлене результатами експериментального модального аналізу колеса;
* варіант 3: для технічного затвердження акустичних параметрів колеса необхідний ряд вимірювань. Ця процедура стосується немоноблокових коліс з отворами, неосесиметричних коліс, коліс з захисними пристроями, метод розрахунку для яких ще не є достатньо надійним критерієм для затвердження.

# 8.2 Методика розрахунку

Методика розрахунку повинна застосовуватися до варіантів 1 або 2, визначених у підпункті 8.1.

Методика розрахунку наведена в довідковому Додатку Е.

# 8.3 Вимірювання в умовах експлуатації

Вимірювання в умовах експлуатації повинні проводитися за наступних умов:

- методика розрахунку не була виконана або не може бути виконана достатньо надійним способом (варіант 3 з підпункту 8.1);

- методика розрахунку була виконана, але не призвела до технічного затвердження колеса за акустичними параметрами.

Методика експлуатаційних вимірювань детально описана в довідковому Додатку E[[2]](#footnote-3)).

# 8.4 Критерії прийняття

Якщо - це середній рівень акустичного тиску, що випромінюється на відстані 3 м від рейкової колії:

* еталонним колесом Wref;
* на еталонній рейковій колії Tref;
* з еталонною швидкістю Sref;
* для еталонного спектру шорсткості Rref;

Wopt представляє нову конструкцію колеса і  рівень шуму в тих самих умовах, що й для контрольного колеса, коефіцієнт ефективності зазначений для:



Для спрощення позначень далі по тексту прийнято, що значення  та  у вищенаведеному рівнянні призначені для постійних значень швидкості, параметрів колії та шорсткості. Вищенаведене рівняння може бути записано наступним чином:



Цей розрахунок може бути виконаний як в цілому, так і на 1/3 октавній смузі частот. З новими позначеннями цей вираз записується у вигляді:



де

 - 1/3 октави, яка розглядається в діапазоні частот [100, 5000 Гц].

Беручи до уваги той факт, що нове колесо повинно мати більш низький рівень шуму, ніж еталонне колесо (стандартний зразок колеса), критерії приймання можуть бути записані наступним чином:



Таким чином, критерій прийнятності повинен дорівнювати загальному підсиленню шумового випромінювання між еталонним колесом та колесом з обраними оптимальними характеристиками, оцінку якого проводять на контрольній колії з еталонним спектром нерівності. Він виражається в дБ (А) для цілих значень GS,Tref, і доповнюється аналізом 1/3 октавної смуги частот

В обох випадках (розрахунки та експлуатаційні випробування) акустичні критерії приймання застосовуються до дослідного колеса,: розрахунок глобальних порогових значень підсилення шуму, GS,Tref та 1/3 октавної смуги, , проводиться відповідно до стандартів і правил. Ці порогові значення базуються на шумовому випромінюванні еталонної системи вимірювання і їх мінімальне значення дорівнює нулю.

# 9 Документація для технічного затвердження

По мірі проходження процедури технічного затвердження необхідно скласти пакет документів (досьє) і поповнювати його інформацією. Він має складатися з наступних частин:

а) ідентифікація (позначення) колеса: кресленик, матеріал;

б) визначення типу застосування, на яке поширюється затвердження;

в) документація щодо оцінки геометричних параметрів;

г) документація щодо оцінки термомеханічних параметрів;

д) документація щодо оцінки механічних параметрів;

е) документація щодо оцінки акустичних параметрів.

## Додаток А (обов’язковий) Оцінка термомеханічних параметрів

# А.1 Блок-схема оцінки

Стендове гальмівне випробування

ТАК

Бокове зміщення відповідає вимогам 6.2.2 ?

Залишкові напруження відповідають вимогам 6.2.2 ?

НІ

НІ

НІ

Залишкові напруження відповідають вимогам 6.2.2 ?

ТАК

ТАК

Прийняте колесо

ТАК

Браковане колесо

Стендове випробування колеса на руйнування

Руйнування?

Експлуатаційні гальмівні випробування

НІ

Бокове зміщення відповідає вимогам 6.4.3 ?

Залишкові напруження відповідають вимогам 6.4.3 ?

НІ

# А.2 Методика стендового гальмівного випробування

# А.2.1 Принцип випробувань

Стендове гальмівне випробування включає в себе 10 циклів випробування фрикційного гальма колеса і визначення їх впливу на розвиток залишкових напружень в ободі, на максимальне бокове зміщення обода під час гальмування та на залишкове бокове зміщення обода після охолодження.

# А.2.2 Визначення гальмування

Параметри циклів гальмування шляхом прихоплювання тертьових поверхонь отримують з параметрів, які визначають застосування колеса (див. 3.2):

* номінальне гальмівне зусилля Pb = 1,2 Па;
* тривалість гальмування tb =tа;
* лінійна швидкість колеса Vb = Va;
* тип гальмівних колодок;
* швидкість імітованого вітру:  вимірюють на відстані 700 мм від осі при зупинці механізму.

Протягом циклів гальмувань зміна цих параметрів повинна залишатися в наступному діапазоні:

* миттєве значення потужності: ± 10% Pb;
* середня потужність: ± 5% ;
* тривалість гальмування: ± 2% tb;
* лінійна швидкість: ± 2% Vb.

Під час випробувань необхідно застосовувати миттєву потужність гальмування, яку необхідно підтримувати у вищезазначеному діапазоні протягом всього випробування.

Перевірка здійснюється:

* або на основі вимірювання гальмівного моменту;
* або на основі вимірювання тангенціальних зусиль між колесом та гальмівними колодками та вимірювання швидкості.

У відповідності до угоди між сторонами, вплив вітру може враховуватися шляхом розрахунку зміни параметрів, які використовуються або вимірюються під час випробування.

# А.2.3 Метод визначення критеріїв прийняття

**А.2.3.1 Вимірювання бокових зміщень**

Бокові зміщення обода вимірюються на внутрішній боковій поверхні обода на рівні діаметра максимально дозволеного зносу, при цьому одна поверхня маточини використовується як еталонний (стандартний) зразок.

Вимірювання зміщення під час гальмування повинно допускати крайні значення зміщень протягом десяти циклів гальмування.

Залишкове зміщення після охолодження дорівнює середньому значенню трьох вимірів, проведених в інтервалі 120° навколо обода.

Точність вимірювання повинна бути не менше ± 0,1 мм.

ПРИМІТКА Максимальне значення зміщення може проявитися через кілька хвилин після припинення гальмування.

**А.2.3.2 Вимірювання залишкових напружень**

Залишкові напруження вимірюють за допомогою ультразвукового методу контролю, використовуючи методику та обладнання, які повинні відповідати наступним вимогам.

**А.2.3.2.1 Методика**

Вимірювання проводяться за допомогою поперечних хвиль по всій ширині обода.

Вони повинні проводитися на трьох радіальних секторах, кожен з яких охоплює 120° обода. Щонайменше чотири вимірювання (σj), повинні бути здійснені в кожному секторі, для отримання точних вимірювань точки вимірювання повинні знаходитися на глибині не більше 15 мм від поверхні рейки та мінімальним діаметром. Відстань між точками вимірювання повинна бути постійною. Для зношених ободів коліс повинно бути проведене щонайменше одне вимірювання в середині товщини обода в кожному секторі.

Значення залишкового напруження, яке необхідно враховувати, розраховується наступним чином:

* напруження в секторі: 
* напруження в ободі: 

**А.2.3.2.2 Обладнання**

Обладнання повинне відображати та обробляти ультразвуковий сигнал для вимірювання товщини обода.

Обладнання повинне відповідати критеріям перевірки, зазначеним у стандарті EN 12668-3, для перетворювачів з поляризованими поперечними хвилями, щодо:

* фізичного стану та зовнішнього вигляду;
* загальної експлуатаційної надійності;
* вертикальної лінійності;
* лінійності горизонтальної розгортки.

Останні два пункти повинні бути перевірені за допомогою перетворювачів, які використовуються для вимірювань.

Точність вимірювання повинна бути в межах наступних діапазонів:

* повторюваність: 5 Н/мм2;
* відтворюваність: 50 Н/мм2;

як для вимірювань на колесах, так і на калібрувальному блоці.

Ультразвукове обладнання має бути відкаліброване з урахуванням впливу анізотропії структури матеріалу. Для цього використовують калібрувальний блок.

Цей блок повинен бути зроблений з обода, геометрія, якість матеріалу та шорсткість поверхні якого повинні бути такими ж як і у всіх дослідних коліс.

Для калібрування ультразвукового приладу можуть використовуватися два різні типи блоків:

* калібрувальний блок типу А: блок повинен пройти відповідну термообробку для повного зняття залишкових напружень;
* калібрувальний блок типу B: блок повинен бути виготовлений таким чином, щоб рівень його залишкових напружень становив 100 Н/мм2. Виміряне значення повинно бути відкориговане до 100 Н/мм2± 20 Н/мм2.

Параметри вимірювання перевіряються до і після кожної серії вимірювань, і щоразу необхідно знеструмити обладнання.

# А.2.4 Випробування та вимірювання

**А.2.4.1 Вимірювання перед випробуваннями**

Геометричні параметри колеса повинні бути записані.

Необхідно виміряти залишкові напруження в ободі.

Гальмівні колодки повинні бути зношені при потужності гальмування, яка не перевищує 1,2 *Pа*/2, доки контактна поверхня між колесом та колодкою не буде дорівнювати щонайменше 80% загальної поверхні колодки.

**А.2.4.2 Гальмівні випробування**

Послідовно реалізовують десять циклів випробування фрикційного гальма.

На початку кожного циклу температура обода колеса (виміряна на середині товщини обода на зовнішній поверхні) повинна бути менше ніж 50°С.

Охолодження колеса можна прискорити шляхом розпилювання води як тільки температура обода знизиться нижче за 200 °С.

Перед кожним циклом гальмування слід перевірити положення гальмівних колодок щоб впевнитися, що відстань між зовнішньою поверхнею гальмівної колодки та зовнішньою поверхнею обода дорівнювала не менше 10 мм.

Під час кожного циклу вимірюються наступні параметри:

* миттєва потужність;
* лінійна швидкість;
* бокове зміщення обода;
* температура зони переходу від обода до диска (необов'язково);
* тривалість циклу гальмування;
* параметри імітованого вітру.

Середня потужність обчислюється наприкінці кожного циклу.

Гальмівні колодки повинні бути змінені, коли вони наполовину зношені або після 5 циклів гальмування. Нові колодки повинні бути зношені, як описано в підрозділі A.2.4.1.

ПРИМІТКА Вимірювання температури обода не є обов'язковим, але в деяких випадках це може пояснити виникнення аномальних залишкових напружень. Моніторинг рівня потужності є обов'язковим і замінює контроль тиску в гальмівному циліндрі внаслідок зміни коефіцієнта тертя між колесом та гальмівною колодкою.

**А.2.4.3 Вимірювання після циклів гальмування**

Після 10 циклів гальмування та повного охолодження колеса слід виміряти наступні параметри:

- залишкові напруження в тих самих точках, що й до циклів гальмування;

- залишкове бокове зміщення обода.

# A.2.5 Відхилення

Якщо під час циклів виникає аномалія моніторингу потужності, випробування необхідно повторити на іншому колесі.

# А.3 Методика стендового випробування колеса на руйнування

# А.3.1 Принцип випробування

Це стендове випробування колеса на руйнування полягає в перевірці здатності колеса з попередньою тріщиною обода витримувати задане гальмування без будь-якого радіального руйнування.

# А.3.2 Параметри випробувань фрикційного гальма

Параметри циклу випробування фрикційного гальма повинні бути отримані з параметрів, що визначають вид застосування колеса (див. 3.2):

* номінальна гальмівна потужність Pr = 1,2 Ра;
* тривалість гальмування tr = ta;
* лінійна швидкість Vr = Va;
* тип гальмівних колодок.

Протягом циклів гальмування ці параметри повинні залишатися в наступних діапазонах:

* моментальна потужність: ± 10% Pr;
* середня потужність: ± 5% Pr;
* тривалість гальмування: ± 2% Vr,
* лінійна швидкість: ± 2% Vr.

Випробування повинні здійснюватися із застосуванням миттєвої потужності гальмування, яка повинна підтримуватися в межах, зазначених вище, протягом всього періоду випробування.

Контроль здійснюється:

* на основі вимірювання гальмівного моменту;
* або на основі вимірювання тангенціальних зусиль між колесом та гальмівними колодками та вимірюванні швидкості.

# А.3.3 Створення попередньої тріщини обода

Колесо, яке підлягає випробуванню, повинно мати тріщину на зовнішньому краї поверхні кочення. Глибина цієї тріщини, виміряна на зовнішній бічній поверхні обода, повинна бути 8 ± 1 мм.

Ця тріщина може бути отримана наступним способом:

* виконанням трьох механічних надрізів по краю поверхні кочення, на відстані 120° один від одної;
* проведенням двох циклів гальмування шляхом прихоплювання тертьових поверхонь з номінальною потужністю 0,66 Ра за період ta на швидкості Va;
* застосуванням гальмування до зупинки, щоб ініціювати і поширити тріщини від механічних надрізів, поки одна з них не досягне потрібної глибини (8 ± 1 мм).

# А.3.4 Спеціальні методи вимірювань, необхідні для цього випробування

Під час цього випробування необхідно спостерігати за розвитком залишкових напружень в ободі. Їх вимірюють ультразвуковими методами контролю з використанням методики та обладнання, які повинні відповідати наступним умовам.

**А.3.4.1 Методика**

Див. A.2.3.2.1.

**А.3.4.2 Обладнання для ультразвукового контролю**

Див. A.2.3.2.2.

# А.3.5 Випробування та вимірювання

**А.3.5.1 Створення попередньої тріщини обода**

Це робиться за умов, описаних у А.3.3, або за допомогою будь-якого іншого методу, що дає той самий результат.

Коли тріщина досягне заданої глибини в ободі необхідно виміряти залишкові напруження. В подальшому необхідно заміряти геометричні розміри обода.

**А.3.5.2 Руйнування колеса**

Цикли гальмування, описані в розділі A.3.2, застосовують послідовно до колеса до тих пір, поки:

* не відбудеться радіальне руйнування;
* виникне стан подібний до руйнування, наприклад, швидке поширення тріщини по диску, яке потім зупиниться через кривизну диска;
* стабілізуються залишкові напруження в ободі. Це відбувається, якщо залишкові напруження менші ніж ± 30 Н/мм2 протягом трьох послідовних циклів гальмування.

Охолодження колеса можна прискорити шляхом розпилення води, як тільки температура обода знизиться нижче 200° С.

Під час кожного циклу повинні проводитися наступні вимірювання:

* миттєвої потужності;
* лінійної швидкості;
* бокового зміщення обода;
* температури зони переходу від ободу до диска (необов'язково);
* тривалості циклу гальмування.

Після кожного циклу розраховують середню потужність.

Після кожного циклу слід виміряти залишкові напруження, при цьому температура обода (вимірювана в середині товщини обода на зовнішній поверхні) повинна бути нижчою ніж 50° С.

# A.3.6 Відхилення показників від норми

Якщо протягом циклів відбувається аномалія моніторингу споживаної потужності, випробовування необхідно провести повторно на іншому колесі.

# А.4 Методика стендових гальмівних випробувань

# А.4.1 Принцип випробувань

Стендове гальмівне випробування складається з проведення 10 циклів випробування фрикційного гальма колеса та визначення їх впливу на розвиток залишкових напружень в ободі, на максимальне бокове зміщення обода при гальмуванні та на залишкове бокове зміщення обода після охолодження.

# А.4.2 Визначення гальмування

Параметри циклів випробування фрикційного гальма отримують з параметрів, які визначають застосування (див. 3.2):

* номінальне гальмівне зусилля  = 1,2 ;
* тривалість гальмування  = ;
* лінійна швидкість колеса  = ;
* тип гальмівних колодок;

Під час циклів гальмування інтервал коливань цих параметрів повинен залишатися в наступних межах:

* миттєве значення потужності: ± 10% Pb;
* середня потужність: ± 5% Pb;
* тривалість гальмування: ± 2% tb;
* лінійна швидкість: ± 2% Vb.

Під час випробування необхідно застосовувати миттєву потужність гальмування, яка повинна знаходитися в вищезазначеному діапазоні протягом всього випробування.

Контроль здійснюється:

* або на основі даних вимірювання гальмівного моменту;
* або на основі даних вимірювання тангенціальних зусиль між колесом та гальмівними колодками та вимірювання швидкості.

# А.4.3 Метод визначення критеріїв прийняття

**А.4.3.1 Вимірювання бокових зміщень**

Бокові зміщення обода вимірюють на внутрішній боковій поверхні обода на рівні діаметру максимально дозволеного зносу, з використанням однієї поверхні маточини як еталону.

Вимірювання зміщення під час гальмувань повинні бути безперервними, щоб отримати значення максимальних зміщень протягом десяти циклів гальмування.

Залишкове зміщення після охолодження дорівнює середньому значенню трьох вимірів, проведених в інтервалі 120° навколо ободу.

Точність вимірювання повинна бути не менше ніж ± 0,1 мм.

ПРИМІТКА Максимальне значення зміщення може відбутися через кілька хвилин після припинення гальмування.

**А.4.3.2 Вимірювання залишкових напружень**

Залишкові напруження вимірюють за допомогою ультразвукового методу контролю, використовуючи методику та засоби вимірювання, які повинні відповідати наступним умовам.

**А.4.3.2.1 Методика**

Див. А.2.3.2.1

**А.4.3.2.2 Обладнання ультразвукового контролю**

Див. А.2.3.2.2

# А.4.4 Стандартні ходові випробування

**А.4.4.1 Параметри транспортного засобу**

Для цього випробування необхідно обрати транспортний засіб, на якому буде встановлено колесо, яке повинно пройти процедуру технічного затвердження.

Система управління гальмуванням транспортного засобу повинна бути відключена, щоб замінити його гальмівною системою, яка дозволяє контролювати потужність гальмування.

Гальмівні колодки повинні розташовуватися таким чином, щоб їх зовнішні поверхні знаходилися в діапазоні від 10 мм до 20 мм від зовнішньої крайки обода.

Завантаження має відбуватися, коли транспортний засіб знаходиться в порожньому стані і готовий до роботи".

**А.4.4.2 Інші параметри**

Вибір складу дослідного потягу здійснюють спеціалісти з проведення випробувань. Колісні пари з колесами, які підлягають затвердженню, повинні знаходитись на ходовій позиції транспортного засобу або в складі візка.

**А.4.4.3 Метеорологічні умови**

Метеорологічні умови повинні бути максимально наближеними до наступних вимог:

- невеликий вітер (швидкість вітру менше 20 км/год);

- суха погода (без дощу);

- температура від 10° С до 25° С.

**А.4.4.4 Параметри рейкової колії**

Колія повинна бути максимально прямою.

# А.4.5 Випробування та вимірювання

**А.4.5.1 Вимірювання перед випробуванням**

Повинні бути визначені такі геометричні характеристики параметрів колеса.

Відстань  між внутрішніми поверхнями коліс колісної партії вимірюється на трьох ділянках на відстані 120°.

Необхідно виміряти також залишкові напруження в ободі.

Гальмівні колодки повинні бути зношені (при потужності гальмування яка не перевищує 1,2 , доки контактна поверхня між колесом та колодкою не дорівнюватиме щонайменше 80 % загальної поверхні колодки.

**А.4.5.2 Гальмівні випробування**

Послідовно виконують десять циклів випробувань фрикційного гальма.

На початку кожного циклу температура обода колеса (виміряна на середині товщини обода на зовнішній стороні) повинна бути не більше ніж 50 °С.

Охолодження колеса можна прискорити шляхом розбризкування води, як тільки температура обода зменшиться до нижче 200 °С.

Перед кожним циклом гальмування необхідно перевірити положення гальмівних колодок, щоб впевнитися, що відстань між зовнішньою поверхнею гальмівної колодки та зовнішньою поверхнею обода становить не менше 10 мм.

Під час кожного циклу вимірюють наступні параметри:

* миттєва потужність;
* лінійна швидкість;
* бокове зміщення обода;
* температура зони переходу від обода до диска (необов'язково);
* тривалість циклу гальмування;
* параметри імітованого вітру.

Середню потужність обчислюють наприкінці кожного циклу.

Гальмівні колодки повинні бути змінені, коли вони наполовину зношені або після 5 циклів гальмування. Нові колодки повинні бути зношені, як описано в підрозділі A.4.5.1.

ПРИМІТКА Вимірювання температури обода не є обов'язковим, але в деяких випадках може пояснити аномальні залишкові напруження. Моніторинг рівня потужності є обов'язковим і замінює спостереження за тиском в гальмівному циліндрі внаслідок зміни коефіцієнта тертя між колесом та гальмівною колодкою.

**А.4.5.3 Вимірювання після циклів гальмування**

Після 10 циклів гальмування та повного охолодження колеса слід виміряти наступні параметри:

- залишкові напруження в тих самих точках, що й до циклів гальмування;

- залишкове бічне зміщення обода;

- положення гальмівних колодок на ободі;

- відстань між внутрішніми поверхнями  ободів колеса.

# A.4.6 Відхилення

Якщо під час циклів спостерігається аномалія моніторингу потужності, випробування необхідно провести повторно на іншому колесі.

## Додаток В (обов’язковий) Блок-схема оцінки механічних характеристик

Розрахунок напруження

<A

Так

Так

Ні

Ні

Браковане колесо

Придатне

колесо

Стендові випробування

Тріщина ?

Де

- амплітуда розрахованого напруження

А – допустиме граничне значення динамічного напруження

## Додаток C (довідковий) Механічні характеристики – Оцінка за допомогою методу кінцевих елементів

Розрахунки напруження виконують за допомогою стандартного методу кінцевих елементів.

Цей аналіз є тривимірним: сітка з навантаженням на одній ділянці або осесимметрична сітка з неосесиметричним навантаженням (гармонічний аналіз (аналіз Фур’є), якщо метод дозволяє застосовувати достатню кількість режимів навантаження на одну ділянку.

Вибраний тип елемента необхідно оцінити (за допомогою класичної теорії розрахунку балки на вигин та/або випробувань), деформації всіх елементів моделі, відносно її еталонних елементів, повинні відповідати критеріям, встановленим методом.

Ступінь точності сітки повинна враховувати тип елемента та збіжність результатів залежно від густоти сітки.

Наявність отворів в диску вимагає побудови тривимірної сітки кінцевих елементів.

## Додаток D (інформативний) Механічні характеристики. Встановлення на стенд і методика випробування

# D.1 Схема навантаження стенда і методика випробування

Алгоритм проведення оцінки механічних характеристик за допомогою випробування:

Технологічний процес виробництва коліс

Визначення напруження від експлуатаційних навантажень під час експлуатаційних випробувань

Випробування коліс на опір втомі

**Метод 2**

Статичні випробування та одноступеневе випробування на опір втомі при незмінному навантаженні при імітації напруження еквівалентного експлуатаційним напруженням.

**Метод 1**

Випробування коліс на опір втомі в умовах випадкового навантаження

Порівняння с критеріями прийнятності конструкції

# D.2 Визначення навантаження

# D.2.1Загальні положення

Навантаження, яке потрібно відтворити, повинно бути типовим для частини терміну служби транспортного засобу, оснащеного колесами, що підлягають затвердженню.

Це навантаження визначають методом, вказаним у звіті ERRI B169/RP12.

Цей метод полягає в оцінюванні напружень на поверхні диска колеса за допомогою вимірювань на колії та визначенні зусиль, які повинні докладатися до стенду для відтворення напруг, які вимірюються на колії.

# D.2.2 Вимірювання напружень під час експлуатаційних випробувань

Місце вимірювання напружень: напруження вимірюють у зоні виникнення тріщини. Розрахунок методом кінцевих елементів, проведений на першому етапі оцінки, визначає цю зону (див. 7.2).

Маршрут випробування: маршрути випробувань визначають відповідно до протоколу RP12 комітету ERR/B169. Вибір маршрутів для випробування на основі маршрутизації транспортного засобу представляє характерний розділ терміну служби транспортного засобу

Експлуатаційні випробування: під час експлуатаційних випробувань, пов'язаних з випробувальним маршрутом, локальні напруження в колесі, вимірюються в реальному масштабі часу згідно з принципом Маркова. Для кожного випробувального маршруту (див. Звіт ERRI B169/RP12) застосовують свою матрицю кінцевих елементів.

Глобальна матриця навантаження:

* глобальну матрицю навантаження отримують шляхом:
* помноження кінцевих елементів матриці кожного випробувального маршруту на ваговий коефіцієнт, який є співвідношенням кількості пройдених кілометрів протягом частини періоду експлуатації і кількості кілометрів, які були пройдені під час випробування;
* додаванням усіх зважених матриць кінцевих елементів;
* помноженням цієї суми, до отримання терміну служби близько 10 000 км.

Ця глобальна матриця називається G.

# D.3 Стендове випробування на опір втомі

# D.3.1 Метод 1. Випробування на опір втомі в умовах випадкового навантаження

**D.3.1.1 Матриця навантаження**

Вона імітує термін служби колеса. Матриця G, яка імітує 10 000 км, помножена на коефіцієнт, який представляє повний термін служби.

У цьому випадку метод випадкового відбору зразків згідно з принципом Маркова вимагає симетризації матриці. Це робиться шляхом формування алгебраїчного середнього значення суми матриці та її транспонування.

Потім, для зменшення тривалості випробувань на опір втомі, переходи, які генерують цикли з низькими діапазонами динамічних напружень і без пошкоджень, виключають з матриці. Наприклад загальна кількість циклів для випробувань на опір втомі може бути встановлена стандартно на 2 x 106.

Ця кінцева матриця навантажень називається H.

**D.3.1.2 Моніторинг стендових випробувань**

Випробування на стенді може контролюватися або за напруженнями, виміряними на диску в зоні ініціювання (зародження) тріщини, або за навантаженнями, прикладеними до колеса.

У випадку контролю за напруженнями матриця H може бути змінена на матрицю H1 з урахуванням відмінностей форми колеса, яке використовується під час експлуатаційних випробувань для визначення матриці G (див. D.2.2), та колеса для випробування на стенді. Розрахунок методу кінцевих елементів може бути використаний для перетворення матриці H.

У разі контролю за зусиллями (навантаженнями), напруження матриці H повинні бути перетворені у відповідні зусилля, які створюють на стенді ті ж самі напруження, що і в колесі, яке використовується при випробуваннях для визначення матриці G (див. D.2.2). Ця матриця називається H2.

**D.3.1.2 Випробування на опір втомі в умовах випадкового навантаження**

Кожен перехід матриці H1 або H2 відбирається випадково, а потім відтворюється циклом втоми на стенді. Цей метод описаний у звіті ERRI B169/RP12.

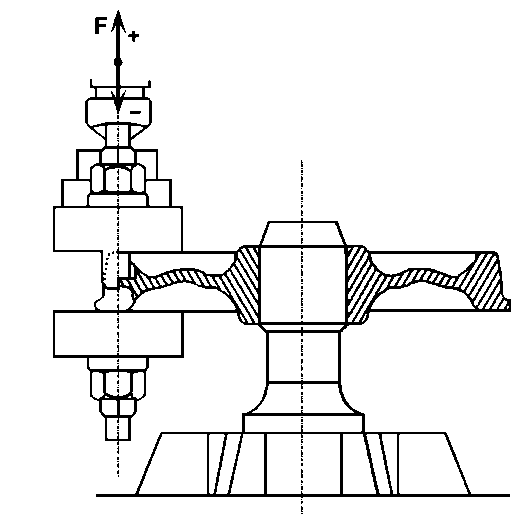
**D.3.1.4 Критерій завершення випробування**

Таким критерієм є:

* втомна тріщина. Це тріщина, довжина якої не менше1 мм;
* відсутність тріщини після застосування всіх циклів матриці.

**D.3.1.5 Випробування на опір втомі на стенді**

Приклад схеми стенда для випробувань наведено на Рисунку D.1.



**Рисунок D.1 - Приклад стенда для випробувань на опір втомі**

# D.3.2 Метод 2 - Одноетапне випробування на опір втомі

**D.3.2.1 Матриця та спектр навантаження**

Матриця G являє собою ділянку протяжністю 10 000 км терміну служби. Частотний розподіл максимальних і мінімальних значень визначається з цієї матриці G. У цьому разі перехід до ділянки повного терміну служби повинен здійснюватися за допомогою коефіцієнта множення, обчисленням суми максимальних та мінімальних частотних розподілів і, за необхідності, перетворення подовжень в напруження. У результаті, спектр навантаження повинен бути симетризований і перетворений на нульове середнє напруження.

Цей спектр навантаження може бути змінений з урахуванням відмінностей форми коліс, які використовуються для визначення матриці G і коліс, які використовуються для випробувань на стенді. Обчислюють коефіцієнт для відображення різниць напружень. Напруження спектру (діапазону) навантаження помножують на цей коефіцієнт.

**D.3.2.2 Еквівалентне навантаження**

Спектр навантажень, отриманих як зазначено вище, розподіляється на 10 аналогічних стадій напруження. В цьому разі еквівалентне напруження розраховується методом Сьоренсена-Козлова. Він ґрунтується на елементарному законі Майнера, який також називається методом Кортен/Долана.

Детальний розрахунок еквівалентних напружень наведено в звіті ERRI B169/RP10.

**D.3.2.3 Одноетапне випробування на опір втомі**

Перед початком випробування на опір втомі проводять статичні дослідження для встановлення зв'язку між напруженнями та навантаженнями ( та ). Потім розпочинають проведення динамічних випробувань. Випробувальні напруження визначають наступним чином:

* перше дослідне колесо:
* 1-й етап; випробувальне напруження дорівнює еквівалентному напруженню;
* 2-й етап; випробувальне напруження дорівнює 1,4-кратному еквівалентному напруженню;
* наступні колеса; випробування починають при 1,4-кратному еквівалентному напруженні.

Випробування проводять на 107 циклах на кожному рівні навантаження. У звіті ERRI B169/RP10 наведений детальний опис процедури.

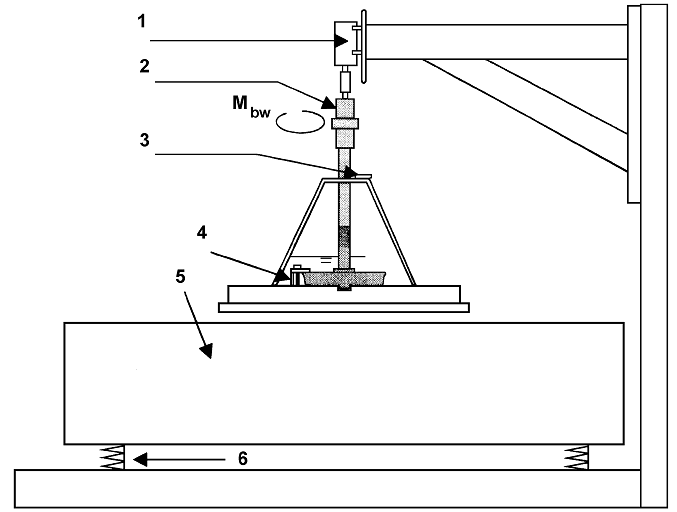
**D.3.2.4 Критерій прийняття**

Критерій прийняття такий:

* відсутність тріщини після 107 циклів із рівнем напружень не меншим ніж 1,4-кратне еквівалентне напруження;
* тріщина вважається наявною, якщо її довжина більше або дорівнює 1 мм.

**D.3.2.5 Приклад стенду**

На Рисунку D.2 показаний приклад стенду.



**Умовні позначення**

1 Двигун

2 Втулка (муфта) з незбалансованим (асиметричним) генератором

3 Датчик зміщення

4 Затискний пристрій

5 Противібраційна рама (опора)

6 Ресори (пружини)

**Рисунок D.2 - Приклад випробувального стенду на опір втомі**

## Додаток E (інформативний) Оцінка акустичних параметрів

# Е.1 Алгоритм оцінки

Конструкція колеса

Вибір еталонної конфігурації

В залежності від умов застосування колеса (вантажний чи пасажирський транспорт)

Вибір одного колеса і однієї еталонної колії

Вибір одного чи декількох еталонних збуджуючих сигналів

Еталонна швидкість

Так

Ні

КЕ-модель

Експлуатаційне

випробування

Тип колеса:

Моноблокове і осесиметричне

Так

Акустичний аналіз за моделлюTWINS

Ні

Експериментальний модальний аналіз конструкції

Налаштування модальної бази

Відповідність критеріям прийняття

Так

Ні

Так

Колесо приймається

Чи необхідна дослідна перевірка

Так

Ні

Відповідність колеса критеріям прийняття

Чи є можливим розрахунок для технічного затвердження акустичних параметрів

Колесо відбраковується

# Е.2 Методика розрахунку

# Е.2.1 Попередні зауваження

У цьому додатку наведено спосіб оцінки розрахованої величини L, як визначено в пункті 8.4. Запис позначення, який використовується, з огляду на те, що це значення неможливо сплутати з еталонним значенням .

Ця методика базується на моделі розрахунку TWINS, розробленій ERRI[[3]](#footnote-4)3)

# Е.2.2 Розрахунок модальної бази колеса

Потрібно виконати оцінку колеса:

- модель кінцевих елементів для визначення колісної модальної бази;

- налаштування, за необхідності, модальної бази колеса відповідно до експериментального модального аналізу (див. 8.1).

# Е.2.3 Вибір еталонної модальної бази колеса

Необхідно обрати еталонну модель рейкової колії

# Е.2.4 Визначення параметрів розрахунку

* параметри сигналу збудження:
* розрахунки виконуються з використанням "одиниці" шорсткості (1 м).
* параметри вібрації колеса та рейкової колії:

реакції колеса розраховують з урахуванням обертального ефекту. Відгук колеса обчислюють у трьох положеннях точки контакту колеса (номінальне положення ± 10 мм). Наприклад, номінальне положення можна обрати на відстані 80 мм від внутрішньої сторони поверхні кочення. Середнє значення впливу колії на транспортний засіб вимірюють на протязі не менше 26 м. Частотний діапазон, в якому проводять дослідження, дорівнює від 100 Гц до 5 000 Гц.

* вибору звукового випромінювання:

звукове випромінювання кожного компонента (рейки, шпали та колеса) розраховують як рівень звукової потужності у 1/3 октавних смугах. Цей рівень потужності розраховують у трьох контактних точках. Звукове випромінювання колеса розраховують, використовуючи різні рівні випромінювання для визначення модальних деформацій колеса при n = 0, n = 1 і n = 2 (де n - кількість вузлових діаметрів різних моделей колеса). Звукове випромінювання вертикальних та бічних рухів рейки може бути розраховано за допомогою моделі TWINS3). Під час розрахунку для шпал може використовуватися модель глушника.

# Е.2.5 Розрахунок потужності

Розрахунок загальної потужності (рейкова колія + колесо)  для еталонних та оптимізованих коліс,

Де

 - значення нерівності;

 - 1/3 октавної смуги.

Розрахунок середньої потужності в трьох контактних точках на колесі:



де - рівні потужності (для мікрофонів A, B, C), розраховані для контактних положень 70, 80 і 90 мм від внутрішньої поверхні кочення .

# Е.2.6 Введення даних

Введення даних:

* еталонний спектр нерівності;
* фільтрація;
* стандартна частота корекції A.

Контактна фільтрація розраховується за формулою Ремінгтона:



де

 - половина довжини контактної зони в напрямку кочення (в м); див. Посилання [6] щодо розрахунку цього параметра;

 - швидкість кочення (м/с);

 - центральна частота 1/3 октавної смуги .

ПРИМІТКА Для розрахунку :

- необхідно визначити статичне навантаження на колесо. Воно залежить від типу рухомого складу, вибраного для еталонної конфігурації;

- поперечний радіус кривизни рейки (наприклад, 0,3 м для нової рейки).

Кожен рівень потужності (розраховується для одиниці нерівності) по 1/3 октавної смуги *i* коригується згідно з наступним співвідношенням:



де

 - середня потужність для одиниці нерівності (1 м), в дБ ;

 - стандартна частота корекції А, в дБ;

 - рівень нерівності, дБ (еталонний 1 м);

 - це контактний фільтр, дБ.

# Е.2.7 Розрахунки критеріїв прийняття рішення щодо технічного затвердження колеса в залежності від акустичних характеристик

Див. 8.4 цього стандарту

 виражений як окремий (одинарний) індекс;

, виражена як 1/3 октавної смуги;

, виражений як одинарний індекс.

# Е.2.8 Додаткові розрахунки

Вплив зносу поверхні кочення: розрахунки виконують для профілю нового колеса. Також розрахунки можуть бути зроблені при зносі поверхні кочення 50 % і 100 %. У цьому разі порівнюють еталонні колеса і колеса з оптимальними характеристиками двох типів - з 50% і 100% зносом поверхні кочення.

# Е.3 Методика експлуатаційних вимірювань

# Е.3.1 Завдання і попереднє спостереження

Додатковою метою є визначення за результатами експлуатаційних вимірювань впливу колеса на загальний шум, що випромінюється. Припускається[[4]](#footnote-5)), що колесо є головним джерелом шуму у 1/3 октавних смугах від 1600 Гц до 5 000 Гц. Таким чином, внесок колеса у шумове випромінювання можна оцінити за загальною потужність звуку, що випромінюється в 1/3 октавних смугах від 1600 Гц до 5 000 Гц ().

Основним джерелом похибки є акустична емісія колії в цьому діапазоні частот. Для стандартної колії ця похибка є неприйнятною, але вона може бути суттєво зменшена, якщо для оцінки коліс використовується колія з низьким рівнем шуму.

Тому пропонується додаткова методика визначення долі шуму колеса у навколишньому шумі.

# Е.3.2 Рекомендації щодо умов експлуатації

«Умови роботи» повинні бути такими ж, як для контрольних коліс чи коліс з оптимальними характеристиками. Вони повинні бути ретельно відібрані, щоб зменшити імовірність помилок вимірювань. Цей підрозділ містить рекомендації щодо:

* складу дослідного потягу;
* нерівності колеса та рейки;
* вибору місця проведення випробування.

**Е.3.2.1 Склад потяга**

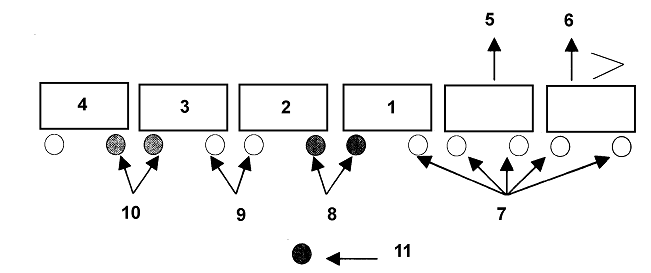
Колесо, яке підлягає оцінці, повинно бути встановлене у складі того ж потяга, що й контрольне колесо (Рис. Е.1). Необхідно враховувати наступні рекомендації:

- контрольні колеса і оптимізовані колеса встановлюють на дослідний потяг. Якщо оптимізовані колеса імовірно будуть дуже тихі, необхідно використовувати вагон буферного типу з оптимальними характеристиками коліс;

* вимірювання шуму, який випромінюється, здійснюються в однакових умовах експлуатації (однакова швидкість, однакові метеорологічні умови і однакове вимірювальне обладнання);
* вагони, які використовуються для оцінки коліс, мають бути якомога довшими, щоб обмежити шумовий вплив від сусідніх колісних пар;
* для обмеження надмірного шумового впливу від локомотива між локомотивом та першими колесами, які підлягають оцінюванню (контрольними колесами), має знаходитися «буферний» вагон.

Рекомендується приділити особливу увагу:

* відсутності шуму від верхньої будови колії;
* відсутності аеродинамічного шуму.



**Умовні позначення**

1 - випробування 1

2 - випробування 2

3 - випробування 3

4 - випробування 4

5 - буферний вагон

6 - локомотив

7 - буферні колеса

8 - контрольні колеса

9 - оптимізовані або буферні колеса

10 - оптимізовані колеса

11 - дослідні колеса

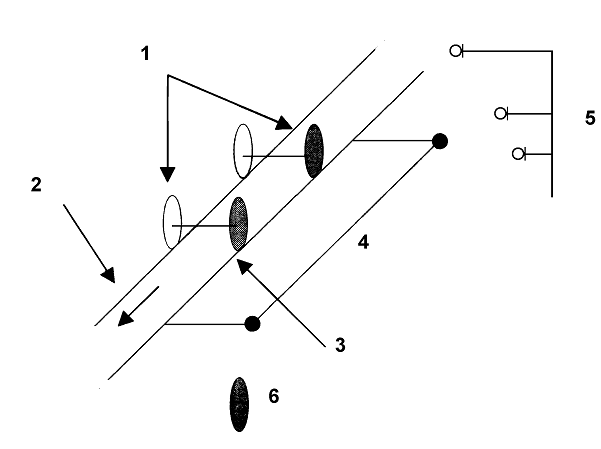
**Рисунок E.1 - Рекомендації щодо складу потяга**

**Е.3.2.2 Нерівність колеса та рейки**

Нерівність блоку колесо/рейки на ділянці вимірювання повинна бути однаковою для контрольних та оптимізованих коліс, щоб забезпечити безпосереднє порівняння цих двох типів коліс. Один із способів отримання такого результату (рис. Е.2) полягає у використанні колеса з низькою нерівністю порівняно з нерівністю рейки в межах ділянки вимірювання (щонайменше з різницею10 дБ для кожної октави).

Крім того, спектр нерівності (у діапазоні довжини хвиль) має бути максимально регулярним (тобто повинна бути відсутня виражена спектральна лінія, яка може сприяти збудженню певного режиму колеса).

Після вимірювання нерівності колеса та під час вимірювань для затвердження гальмівна система повинна бути відключена, якщо колеса обладнані колодковими гальмами. Таким чином, під час випробувань нерівність колеса залишиться незмінною.

****

**Умовні позначення**

1 - "низька" нерівність колеса

2 - "висока" нерівність рейки

3 - "висока" нерівність рейки в зоні вимірювання

4 - зона вимірювання (10 м -15 м)

5 - мікрофони, розташовані на відстані 3 м від найближчої рейки

6 - дослідні колеса

**Рисунок E. 2 - «Ідеальна» нерівність для методики вимірювання**

Рекомендації щодо нерівності колеса та рейок наведені в Таблиці E.1:

**Таблиця E.1**

|  |  |
| --- | --- |
| **Рекомендації** | **Коментарі** |
| - низька нерівність коліс.  - висока нерівність рейок в зоні вимірювання.  - відсутність вираженої спектральної лінії в комбінованому спектрі нерівності колесо-рейка. | - необхідно забезпечити, щоб нерівність рейкової колії була більшою (не менше, ніж на 10 дБ), ніж нерівність колеса. |
| - відключення гальмівної системи під час вимірювань (якщо колеса оснащені колодковими гальмами). | - під час випробування нерівність колеса повинна залишатися приблизно на 10 дБ меншою, ніж нерівність рейки. |

**Е.3.2.3 Вибір ділянки для проведення випробувань**

Крім критерію шорсткості рейкової колії під час вибору ділянки для випробувань необхідно брати до уваги наступні рекомендації (Таблиця Е. 2).

**Таблиця Е.2**

|  |  |
| --- | --- |
| **Рекомендації** | **Коментарі** |
| - ідеальна пряма залізнична колія (відсутність кривої поблизу зони вимірювання) | - контактна зона між колесом та рейками повинна залишатись незмінною вздовж зони вимірювання |
| - відсутність перешкод для зовнішнього акустичного розповсюдження (тунель, міст, будівлі тощо) поблизу місця випробувань (умова вільного простору) | - для уникнення акустичного відбивання від усіх поверхонь крім землі. |
| - вузька контактна зона на головці рейки | - щоб обмежити вплив шорсткості рейкової колії |

## Е.3.3 Методика вимірювання

**Е.3.3.1 Вимірювання шорсткості**

Нерівність колеса та рейкової колії повинні бути виміряні для перевірки того, що фактична нерівність колеса є меншою, ніж у рейок (різниця, яка більше, ніж 10 дБ на кожній 1/3 октавній смузі, є бажаною у відповідному діапазоні частот). Вимірювання нерівності колеса слід проводити до і після експлуатаційних випробувань. Мета полягає в тому, щоб отримати 1/3 октавного діапазону як функцію частоти. Мають бути охоплені третиннооктавні смуги у діапазоні від 100 Гц до 5000 Гц, що приблизно відповідає довжині хвилі від 20 см до 1 см (для швидкостей руху від 60 км/год до 200 км/год).

Вимірювання нерівності рейкового шляху слід проводити, маючи на увазі, що:

* довжина зони вимірювання становить 10 м і розташована в центрі ділянки вимірювання;
* є необхідна кількість паралельних ліній вимірювання:
* якщо контактна зона на головці рейки досить вузька (ширина <1,5 см), потрібна одна лінія, розташована в зоні контакту;
* якщо ширина більше ніж 1,5 см, то вимірювання має проводитися на 2 паралельних лініях;
* між лініями повинен бути проміжок 5 мм.

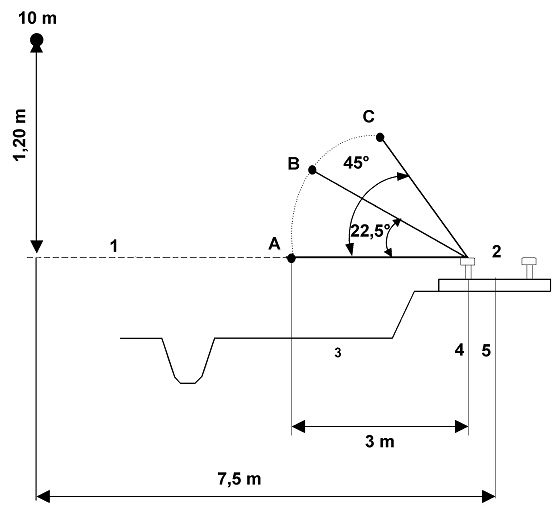
Вимірювання нерівності колеса слід проводити, маючи на увазі, що:

* довжина вимірювання відповідає трьом повним обертам коліс;
* необхідні, як мінімум, 4 паралельні лінії вимірювань, розташовані в центрі зони контакту з колесом;
* між лініями має бути проміжок приблизно 5 мм, щоб покрити, як мінімум, контактну зону ± 7,5 мм.

**Е.3.3.2 Вимірювання на рейковій колії**

Вимірювальне обладнання повинно знаходитися в середині вимірювальної зони. Воно включає в себе:

* датчик вертикального прискорення на рейці, у середині прольоту (під підошвою рейки, нижче шийки рейки);
* датчик поперечного прискорення на головці рейки, в середині прольоту;
* три мікрофони на відстані 3 м від осі рейки (A, B, C, див. Рисунок E.3 щодо розташування мікрофонів). Рівень випромінювання оцінюється за результатами, отриманими від цих мікрофонів.

**Умовні позначення**

1 - зона пробігу колії

2 - колія

3 - земля

4 - осьова лінія рейки

5- осьова лінія колії

**Рисунок Е.3 – Місця розташування мікрофонів**

Для отримання середнього рівня вібрації та шуму протягом періоду руху потяга, необхідно проаналізувати отримані дані вібрації та шуму. Період вміщує дві довжини половини контрольного вагона для ефективного врахування всього шуму/вібрації, який випромінює центральна колісна пара або візок.

Два датчика бокових прискорень можуть, за необхідності, бути встановлені (у середині зони вимірювання) на колії (один на шпалі, один у середині прольоту).

**Е.3.3.3 Вимірювання на борту потягу**

Осьові та радіальні рівні вібрації важливі для точної оцінки колеса (зокрема, для коліс з дуже низьким рівнем шуму, для яких шум рейкової колії є переважаючим джерелом). Однак ця інформація не обов’язкова для остаточної оцінки колеса за акустичними параметрами, що лише враховує загальний шум, який випромінюється колією та колесом.

**Е.3.3.4 Додаткові вимірювання**

Перевірка контрольної колії:

слід підтвердити відповідність динамічних характеристик колії очікуваним. Основними причинами невідповідності є:

* жорсткість рейок може змінюватися з часом;
* статичне попереднє навантаження, докладене системою кріплення, може бути некоректним;
* динамічна жорсткість рейок значною мірою залежить від температури;
* найпростіший спосіб перевірки контрольної колії полягає у вимірюванні вертикального прискорення рейки в середині прольоту і порівнянні його з еталонним вертикальним прискоренням.

**Метеорологічні умови:**

* вони можуть впливати на акустичні вимірювання. Тому вимірювання слід проводити в метеорологічних умовах, зазначених у ISO 3095.

## Е.3.4 Аналіз результатів

Усі вимірювання (звуковий тиск, вібрація, нерівність) слід аналізувати на 1/3 октавній смузі частот (принаймні у діапазоні 200 Гц - 5 000 Гц 1/3 октавної смуги).

**Е.3.4.1 Аналіз шорсткості**

Нерівність колеса та рейок аналізують окремо. При утворенні спектру збудження слід дотримуватися наступних заходів:

* пітінг: датчик шорсткості має набагато менший радіус кривизни, ніж колеса, і тому може виявити невеликі позначки (мітки) на поверхні колеса чи рейки, які не будуть розпізнані контактом колесо-рейка. Ці мітки слід виключити з аналізу, імітуючи ефект датчика шорсткості з радіусом кривизни, рівним ступеню колеса;
* можуть використовуватися різні акустичні вікна: однорідне вікно, 10% косинусоїдальне вікно, вікно з амплітудою в квадраті від 0 до Т з 1;
* фільтрування: фільтр призначений для усунення хвиль великої довжини, (які створюють дуже високі амплітуди) і хвиль короткої довжини (фільтр згладжування, вирівнювання, захисту від накладення спектрів);
* перетворення в реальну частоту: передавач з фіксованою частотою виробляє вузький спектр нерівностей в (1/|довжина хвилі) діапазоні. Цей спектр слід перетворити в діапазон частот згідно з рівнянням ;

де

 - швидкість кочення (м/с);

 - довжина хвилі (м).

Нерівність колеса та рейок потім інтегрується в 1/3 октавний діапазон:

* якщо вимірюють кілька паралельних ліній, слід обчислити середнє значення. Паралельні лінії вважаються некогерентними;
* загальна нерівність: показник збудження загальної нерівності R відповідає сумі спектрів нерівності колеса та рейок (SW та SR), в термінах енергії:

**Е.3.4.2 Рівень звукового тиску та рівні вібрації колії**

Дані щодо шуму та вібрації аналізують, щоб отримати середній рівень протягом періоду часу, за який потяг під час руху проходить відстань удвічі більше, ніж довжина половини вагона.

Рівні звукового тиску на відстані 3 метри від колії, , , визначаються в 1/3 октавному діапазоні, в дБ (A). Отриманий за результатами вимірювань рівень звукового тиску  відповідає середньозваженому значенню цих трьох рівнів звукового тиску і визначається за наступним рівнянням:



Цей акустичний спектр (в 1/3 октавного діапазону) пропорційний потужності звуку.

Рівні вібрації колії виражаються в термінах рівнів швидкості:



де

 - швидкість в квадраті;

 - 1 м/с.

Рекомендується виконати декілька вимірювань  та  (щонайменше 4) для отримання середніх значень. Стандартне відхилення не повинно перевищувати ± 1 дБ.

**Е.3.4.3 Розрахунок критеріїв прийнятності**

Колесо з оптимальними характеристиками спершу оцінюють в 1/3 октавного діапазону (коефіцієнт підсилення звуку  розміщують навпроти контрольного колеса для кожного 1/3 октавного діапазону):



Одиночний індекс слід розрахувати для еталонного спектру шорсткості. Тому потрібна корекція рівнів 1/3 октавного діапазону.

Доступні два методи:

**Метод 1:**

Усі спектри 1/3 октавного діапазону спочатку коригують на основі рівнів шорсткості колеса/рейки, виміряних на місці та відповідно до еталонних характеристик шорсткості. Наприклад, для рівнів звуку корекція виглядає наступним чином:

,

Де

 - комбінований рівень шорсткості колеса/рейки в 1/3 октавного діапазону , виміряного на місці проведення дослідження;

 - еталонний коефіцієнт шорсткості, який є показовим для рухомого складу;

 - середній рівень тиску (дБА), який вимірюється на місці випробування.

Загальні акустичні рівні , які відповідають 1/3 октавному діапазону, обчислюються за формулою:

,

де  - 1/3 октавного діапазону.

Коефіцієнтотримують з рівняння:



Цей метод може вносити помилки вимірювання, пов'язані з вимірюванням шорсткості.

**Метод 2:**

Передбачається, що рівень шуму  (на 1/3 октавного діапазону) еталонного колеса на еталонній колії відомий для еталонного спектру шорсткості. Це можна отримати, застосовуючи метод 1 **один і тільки один раз**.

Усі виміряні спектри 1/3 октавного діапазону коригуються відповідно до цього еталонного спектра шуму  і виміряного спектра  еталонного колеса на еталонній колії. При внесенні еталонної шорсткості корекція виглядає наступним чином:



і рівняння методу 1 при замінюється рівнянням:



Ці останні два рівняння потім використовують для визначення коефіцієнта .

## Додаток F (інформативний) Параметри при фрикційному гальмуванні для експлуатаційної сумісності

Вхідна потужність при моделюванні фрикційного гальмування визначається за формулою:



протягом часу ,

де

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Символ** | **Опис** | **Одиниця вимірювання** | **Значення** |
|  | маса транспортного засобу на рейку, що припадає на одне колесо | кг |  |
|  | прискорення вільного падіння | м/с2 | 9,80665 м/с2 |
|  | середній ухил залізничної лінії | нахил у ‰ | 21‰ |
|  | час (тривалість випробування) | с | 45 хвa |
|  | швидкість транспортного засобу | м/с | 60 км/годa |
| Значення розраховані на основі значень схилу Сен-Готард (еталонний схил для експлуатаційної сумісності) | | | |

## Додаток ZA (довідковий) Відповідність Європейського Стандарту Обов’язковим Вимогами Директиви ЄС 2008/57/ЕС

Цей Європейський Стандарт підготовлено за дорученням, наданим CEN Європейською Комісією та Європейською Асоціацією Вільної Торгівлі для забезпечення дотримання Обов’язкових Вимог Директиви 2008/57/ЕС[[5]](#footnote-6).

Після включення за посиланням Європейського Стандарту в Офіційний Журнал Європейського Союзу (OJEU) в рамках цієї Директиви і впровадженням його як національного стандарту щонайменше в одній державі-члені CEN, нормативні положення цього стандарту, викладені в Таблиці Za.1 щодо вантажних вагонів і в Таблиці ZА.2 щодо локомотивів і відповідного обладнання залізничного рейкового транспорту, набувають в рамках сфери застосування цього стандарту статусу відповідності положенням Обов’язкових Вимог цієї Директиви і супутнім положенням ЕFTA.

**Таблиця ZA.1 – Відповідність Європейського Стандарту, TSI RC Обладнання Вантажних Вагонів від липня 2006, опублікованого в Офіційному Журналі ЄС 8 грудня 2006 та його перехідної редакції, опублікованої в Офіційному Журналі 14 лютого 2008, Директиві 2008/57/ЄС**

| **Пункти/ підпункти Європейського Стандарту** | **Розділи/§/пункти і додатки TSI** | **Відповідний текст, статті/§/додатки до Директиви 2008/57/EC** | **Коментарі** |
| --- | --- | --- | --- |
| Розділи 1 – 9.  Додатки A – D  Додаток F | 4 Характеристики підсистеми  4.2 Функціональні та технічні вимоги до підсистеми  4.2.3 Взаємодія і калібрування транспортного засобу і рейкової колії  §4.2.3.4.1 Динамічні параметри рухомого складу. Загальні положення  4.2.4 Гальмування  §4.2.4.1.2.5 Характеристики гальмування. Функціональні та технічні вимоги. Наявні граничні значення енергії.  §4.3.8  Функціональні і технічні специфікації інтерфейсів. STI Стандартна рейка 'Шум'  5 Складові експлуатаційної сумісності  § 5.3.2.3 Перелік складових експлуатаційної сумісності. Взаємодія і калібрування транспортного засобу і рейкової колії. Колеса  §5.4.2.3 Складові експлуатаційної сумісності. Оцінка відповідності і/або придатності складових частин до застосування і верифікація підсистеми. Взаємодія і калібрування транспортного засобу і рейкової колії. Колеса.  Додаток Е: Взаємодія і калібрування транспортного засобу і рейкової колії. Розміри колісних пар і допуски стандартної колії.  Додаток L: Взаємодія і калібрування транспортного засобу і рейкової колії. Колеса.  Додаток Q: Методики проведення оцінки, складові експлуатаційної сумісності.  Додаток Y: Складові частини. Візки та ходові частини.  Додаток I перехідної редакції: Розділ 3 і підрозділ 1.6 Додатку JJ-2-. | Додаток III, Обов’язкові вимоги,  1 Загальні вимоги  Безпека  Параграфи 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3  1.4 Захист навколишнього середовища. Параграфи 1.4.4, 1.4.5  1.5 Технічна сумісність §1  2 Обов’язкові вимоги, характерні до кожної підсистеми  2.3 Система управління і сигналізації  2.3.2Технічна сумісність §1  2.4.2 Надійність та експлуатаційна придатність. 2.4.3 Технічна сумісність §3. |  |

**Таблиця ZA.2 – Відповідність Європейського Стандарту, TSI RC Обладнання Тягового і Пасажирського Рухомого Складу (ST05EN05 від 10.06.2010, прийнятого RISC) Директиві 2008/57/ЄС**

| **Пункти/підпункти Європейського стандарту** | **Розділи/§/пункту і додатки TSI** | **Відповідний текст, статті/§/додатки до Директиви 2008/57/EC** | **Коментарі** |
| --- | --- | --- | --- |
| Розділи 1 – 9  Додатки A – D  Додаток F | 4.Характеристики підсистеми рухомого складу  4.2 Функціональні та технічні вимоги до підсистеми  4.2.3 Взаємодія і калібрування рейкової колії і транспортного засобу.  4.2.3.5.2 Рухомі частини. Колісні пари  §4.2.3.5.2.2 Механічні та геометричні характеристики коліс.  4.2.4 Гальмування  § 4.2.4.5.4 Характеристики гальмування *Розрахунки теплоємності*  5 Складові експлуатаційної сумісності  § 5.3.2 Технічні вимоги до складових експлуатаційної сумісності  6 Оцінка відповідності та/або придатності до застосування  § 6.1.2 Складові функціональної сумісності. Методики оцінки на відповідність. | Додаток III, Обов’язкові вимоги  1Загальні вимоги  1.1Безпека. Параграфи 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3  1.4 Захист навколишнього середовища. Параграфи 1.4.4, 1.4.5  1.5 Технічна сумісність §1  2 Обов’язкові вимоги до кожної підсистеми  2.3 Специфічні вимоги до системи 'управління і сигналізації'  2.3.2Технічна сумісність §1  2.4 Рухомий склад.  2.4.2 Надійність і експлуатаційна придатність.  2.4.3 Технічна сумісність §3 | Параграфи 6.2, 6.3, 6.4, 7.2 і 7.3 EN 13979-1:2003 вказані за посиланням в TSI і застосовуються в якості нормативного документа.  Марки сталі ER6, ER7, ER8 і ER9, зазначені в пункті 4.2.3.5.2.2 TSI визначені в EN 13262. |

**ЗАСТЕРЕЖЕННЯ** – Інші вимоги та інші Директиви ЄС можуть застосовуватися до продукції в рамках сфери застосування цього стандарту.



## Бібліографія

[1] ERRI report B169 RP3: Thermal limits of wheels and brake shoes. Research of fracture thresholds. October 1991.

[2] ERRI report B169 RP9: Definition of the technical requirements of wheels. Mechanical design. Fatigue behaviour. November 1997.

[3] ERRI report B169 RP10: Definition of the technical requirements of wheels. Mechanical design assessment. January 1999.

[4] ERRI report B169 RP11: Definition of the technical requirements of wheels. Thermomechanical design. Behaviour to radial fracture. November 1998.

[5] ERRI report B169 RP12: Representative matrix for the assessment by rig test of the fatigue damage of a railway component. October 1997.

[6] "Determination of procedures to qualify the acoustical design of wheels", VIBRATEC report ref. 072.038.RF.05.C for the account of the C163 ERRI Committee - February 1996.

[7] "Railway rolling noise: assessment of optimized wheels and track components by means of field measurements - OF WHAT PROJECT", SNCF / MTED2 study RH96005/96 D2-27; VIBRATEC study ref. 072.032b for the account of the C163 ERRI Committee - 1996.

[8] "Railway rolling noise - Validation of the TWINS model", VIBRATEC study ref. 072.021 TNO-TPD study ref. 326.019, for the account of the C163 ERRI Committee - November 1993.

[9] "Railway noise reduction - Specification of optimized track components", VIBRATEC study ref. 072.018; TNO - TPD study ref. 427.021 for the account of C163 ERRI Committee - June 1994.

[10] "Improvement of ballast and sleeper description in TWINS - Step 2: Development and implementation of theoretical models", TNO report TPD - HAG - RPT - 960108 - October 1996.

[11] "TWINS theoretical manual" version 2.3 - Theoretical manual - January 1996

[12] ISO 3095, Railway applications – Acoustics – Measurement of noise emitted by railbound vehicles

|  |
| --- |
| НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ  1 Звіт ERRI B169 RP3 Граничні значення термічної стійкості коліс та гальмівних колодок. Дослідження порогових значень руйнування. Жовтень 1991 р.  2 Звіт ERRI B169, RP9 Визначення технічних вимог до коліс. Розрахунок механічної міцності. Характеристики втоми. Листопад 1997 р.  3 Звіт ERRI B169 RP10Визначення технічних вимог до коліс. Оцінка механічної міцності. Січень 1999 року.  4 Звіт ERRI B169 RP11 Визначення технічних вимог до коліс. Розрахунок термомеханічної міцності. Поведінка при радіальних тріщинах. Листопад 1998 р.  5 Звіт ERRI B169, RP12 Типова матриця для оцінки втомних пошкоджень залізничних компонентів за критеріями стендового випробування. Жовтень 1997 р.  6 "Визначення методик перевірки відповідності акустичних характеристик коліс технічним вимогам", звіт VIBRATEC № 072.038.RF.05.Cза рахунок комітету ЕRRІ C163. Лютий 1996.  7 "Шум, який випромінюється залізничним рухомим складом: оцінка коліс з оптимальними характеристиками та компонентів рейкової колії за допомогою експлуатаційних вимірювань - ЯКОГО ПРОЕКТУ", дослідження SNCF / MTED2RH96005/96 D2-27; дослідження VIBRATEC№ 072.032b за рахунок Комітету ERRIC163, 1996.  8 "Шум, який випромінюється залізничним рухомим складом Перевірка відповідності за допомогою моделі TWINS", дослідження VIBRATEC№ 072.021,дослідження TNO-TPD № 326.019, за рахунок Комітету ERRIC163, листопад 1993.  9 "Зниження шуму на залізничних коліях. Специфікація оптимізованих компонентів рейкової колії ", дослідження VIBRATEC № 072.018; випробування TNO – TPD № 427.021 за рахунок Комітету ERRIC163, червень 1994 р.  1] "Покращення балансирних якостей та опис шпал із застосуванням моделі TWINS. Крок 2: Розробка та впровадження теоретичних моделей", TNO звіт TPD - HAG - RPT – 960108, жовтень 1996.  11 "Теоретичний посібник TWINS", версія 2.3. Теоретичний посібник, січень 1996 року.  12 ISO 3095 Залізничний транспорт – Акустика – Вимірювання шуму створюваного залізничними транспортними засобами |

## ДОДАТОК НА (довідковий) Перелік національних стандартів України, ідентичних з міжнародними і європейськими стандартами, посилання на які є в цьому стандарті

1 ДСТУ ISO 3095 Залізничний транспорт – Акустика – Вимірювання шуму створюваного залізничними транспортними засобами

1. ) Числові розрахунки з використанням моделі TWINS, розробленої в ERRI, пройшли перевірку. [↑](#footnote-ref-2)
2. ) Ця методика була перевірена ERRI [2], [3], і модель була спрощена для конкретних вимог випробування для технічного затвердження. [↑](#footnote-ref-3)
3. ) Умови використання та придбання програмного забезпечення TWINS повинні узгоджуватися з ERRI. [↑](#footnote-ref-4)
4. ) Результат проекту ERRI «Щодо цього питання» [↑](#footnote-ref-5)
5. Ця Директива 2008/57/EC, прийнята 17 червня 2008 року, представляє собою нову редакцію попередніх Директив 96/48/EC щодо "експлуатаційної сумісності транс'європейської високошвидкісної залізничної системи" і Директиви 2001/16/EC щодо "експлуатаційної сумісності транс'європейської стандартної залізничної системи" і змін до них, внесених Директивою 2004/50/EC від 29 квітня 2004 року "Ради Європейського парламенту з поправками до Директиви 96/48/EC щодо експлуатаційної сумісності транс'європейської високошвидкісної залізничної системи і Директиви 2001/16/EC щодо «експлуатаційної сумісності транс'європейської стандартної залізничної системи». [↑](#footnote-ref-6)