



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**ДСТУ ISO 13473-5:2020
(ISO 13473-5:2009(E), IDT)**

**ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ШОРСТКОСТІ ЗА
ДОПОМОГОЮ ПРОФІЛІВ ПОКРИТТЯ**

**Частина 5
Визначення мегашорсткості**

(проект, перша редакція)

Київ
ДП «УкрНДНЦ»
202X

ПЕРЕДМОВА

- 1 РОЗРОБЛЕНО: Технічний комітет стандартизації «Автомобільні дороги і транспортні споруди» (ТК 307), Харківський національний автомобільно-дорожній університет (ХНАДУ)
 - 2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» від ____ 201__ р. № ____ з 201__
 - 3 Національний стандарт відповідає ISO 13473-5 Characterization of pavement texture by use of surface profiles — Part 5: Determination of megatexture (Визначення характеристик шорсткості за допомогою профілів покриття – Частина 5: Визначення мегашорсткості).
- Ступінь відповідності – ідентичний (IDT)
- Переклад з англійської (en)
- 4 Цей стандарт розроблено згідно з правилами, установленими в національній стандартизації України
 - 5 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

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

ДП «УкрНДНЦ», 202X

ЗМІСТ

Національний вступ	IV
1 Сфера застосування	1
2 Нормативне посилення	1
3 Терміни та визначення понять	2
4 Значення та використання показників мегашорсткості	9
5 Принципи вимірювання та обробки даних	13
6 Аналіз поверхні випробування	13
7 Вимірювальне обладнання	14
8 Метод вимірювання	16
9 Обробка даних	19
10 Невизначеність вимірювання	24
11 Вимоги до безпеки під час вимірювань	24
12 Протокол випробування	25
Додаток А (інформаційний) Приклад протоколу випробування та графічного представлення даних	27
Додаток В (інформаційний) Невизначеність вимірювання	34
Додаток С (інформаційний) Проблеми асиметрії профілю	39
Бібліографія	41

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей національний стандарт ДСТУ ISO 13473-5:2020 «Визначення характеристик шорсткості за допомогою профілів покриття — Частина 5. Визначення мегашорсткості» прийнятий методом перекладу, ідентичний щодо ISO 13473-5 Characterization of pavement texture by use of surface profiles — Part 5: Determination of megatexture.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- слова «цей європейський стандарт» замінено на «цей стандарт»;
- структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Передмову», «Національний вступ», першу сторінку, «Терміни та визначення понять» – оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;
- вилучено «Передмову» до ISO 13473-5:2002 як таку, що безпосередньо не стосується технічного змісту цього стандарту.

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

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ШОРСТКОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОФІЛІВ ПОКРИТТЯ. ЧАСТИНА 5. ВИЗНАЧЕННЯ МЕГашОРСТКОСТІ

Characterization of pavement texture by use of surface profiles —
Part 5: Determination of megatexture

Чинний від 202X-XX-XX

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Ця частина ISO 13473 встановлює процедури визначення середньої глибини або рівня мегашорсткості поверхні дорожнього покриття шляхом вимірювання кривої профілю поверхні та розрахунку характеристик мегашорсткості на базі цього профілю. Методика призначена для забезпечення повноцінного та точного вимірювання та опису характеристик мегашорсткості дорожнього покриття для різних цілей.

Оскільки між мегашорсткістю і оточуючими діапазонами існує перекриття, характеристики мегашорсткості неминуче мають певну кореляцію з відповідними показниками в тих діапазонах. Ця частина ISO13473 визначає вимірювання і процедури, які у відповідних частинах сумісні з такими стандартами: ISO 13473-1, ISO 8608 [1] та EN 13036-5 [6].

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

Наступні посилання на документи є обов'язковими для застосування цього документа. Для датованих посилань застосовуються лише наведені видання. Для недатованих посилань застосовується остання редакція зазначеного документа (включаючи будь-які поправки).

ISO 13473-2:2002, Визначення характеристик шорсткості за допомогою профілів покриття — Частина 2: Термінологія та основні вимоги щодо аналізу профілів шорсткості покриття

ISO 13473-3, Визначення характеристик шорсткості за допомогою профілів покриття — Частина 3: Специфікація і класифікація профілометрів

ISO/TS 13473-4: 2008, Визначення характеристик шорсткості за допомогою профілів покриття — Частина 4: Спектральний аналіз профілів покриття

ISO/IEC NP Guide 98-3:2008, Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)

IEC 61260, Electroacoustics — Octave-band and fractional-octave-band filters

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Для цілей цієї частини ISO 13473 застосовуються терміни та визначення в ISO 13473-2, особливо застосовуються ті, що наведено нижче.

3.1.1 шорсткість покриття (*pavement texture*)

шорсткість (*texture*)

Відхилення поверхні дорожнього покриття від справжньої плоскої поверхні з довжиною хвилі шорсткості менше 0,5 м

Примітка. Розділяється на мікро-, макро- та мегашорсткість відповідно до 3.2.
[ISO 13473-2:2002]

3.1.2 профіль покриття (*surface profile*)

профіль шорсткості (*texture profile*)

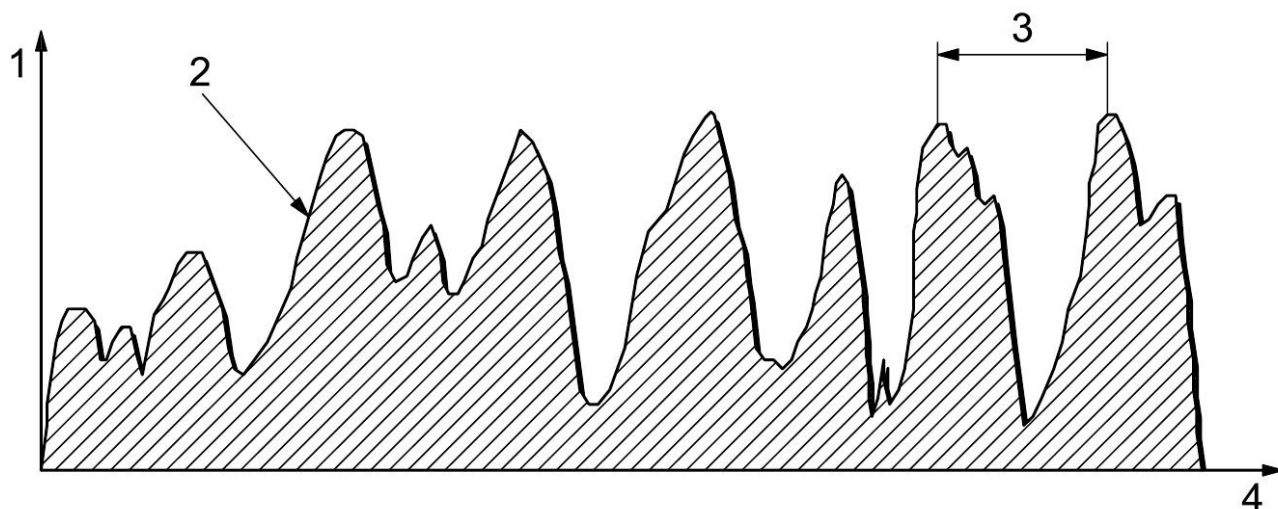
Двовимірний зразок шорсткості дорожнього покриття, що утворюється, якщо датчик, такий як наконечник голки або лазерна пляма, безперервно торкається або освітлює поверхню дорожнього покриття під час переміщення уздовж лінії на поверхні

Примітка 1. Профіль покриття описується двома координатами: одна вздовж площини поверхні, що позначає «відстань» (абсциса), а інша у напрямку, нормальному до площини поверхні, під назвою «амплітуда» (ордината); див. приклад, який проілюстровано на рисунку (3.1). Відстань може бути в поздовжньому або бічному (поперечному) напрямку по відношенню до напрямку руху на дорозі або в будь-якому напрямку між ними

Примітка 2. Адаптовано з ISO 13473-2:2002

Примітка 3. Профіль шорсткості схожий з профілем покриття, але обмежений діапазоном шорсткості.

Примітка 4. «Довжина хвилі шорсткості» є характеристикою компонентів довжини хвилі профілю і пов'язана з концепцією перетворення Фур'є часового ряду. Однак математично відповідність не є точною. Зверніть увагу, що вертикальне переміщення (висота) має довільну відмітку.



Умовні позначки:

- 1 - вертикальне переміщення;
- 2 - профіль;
- 3 - довжина хвилі шорсткості;
- 4 - відстань.

Рисунок 3.1 – Ілюстрація деяких основних термінів, які описують шорсткість дорожнього покриття

3.1.3 профілометр (*profilometer*)

Пристрій, що використовується для вимірювання профілю шорсткості дорожнього покриття

Примітка 1. Сучасні конструкції профілометрів, що застосовуються в дорожній галузі, включають, але не обмежуються ними, датчики на основі лазера, секціонування світла, голки та технологій ультразвукової діагностики. [ISO 13473-2:2002].

Примітка 2. Технічні характеристики профілометрів розглядаються в ISO13473-3.

3.2 Діапазони шорсткості

3.2.1 мікрошорсткість (*microtexture*)

мікрошорсткість дорожнього покриття (*pavement microtexture*)

Відхилення поверхні дорожнього покриття від справжньої плоскої поверхні з характерними розмірами вздовж поверхні менше 0,5 мм, що

відповідає довжині хвилі шорсткості до 0,5 мм, вираженій як одна третина октави середньої довжини хвилі

Примітка 1. Повна амплітуда зазвичай змінюється в межах від 0,001 до 0,5 мм. Цей тип шорсткості дозволяє вважати поверхню більш-менш шорсткою, але зазвичай вона занадто мала, щоб спостерігати її оком. Вона забезпечується за рахунок властивостей поверхні (загостреність та твердість) окремих відколів або інших частинок поверхні, які безпосередньо контактують з шинами.

Примітка 2. Рисунок (3.2) ілюструє різні діапазони шорсткості із приблизними лімітами щодо їх впливу на взаємодію автомобілів із дорожнім покриттям. [ISO 13473-2:2002]

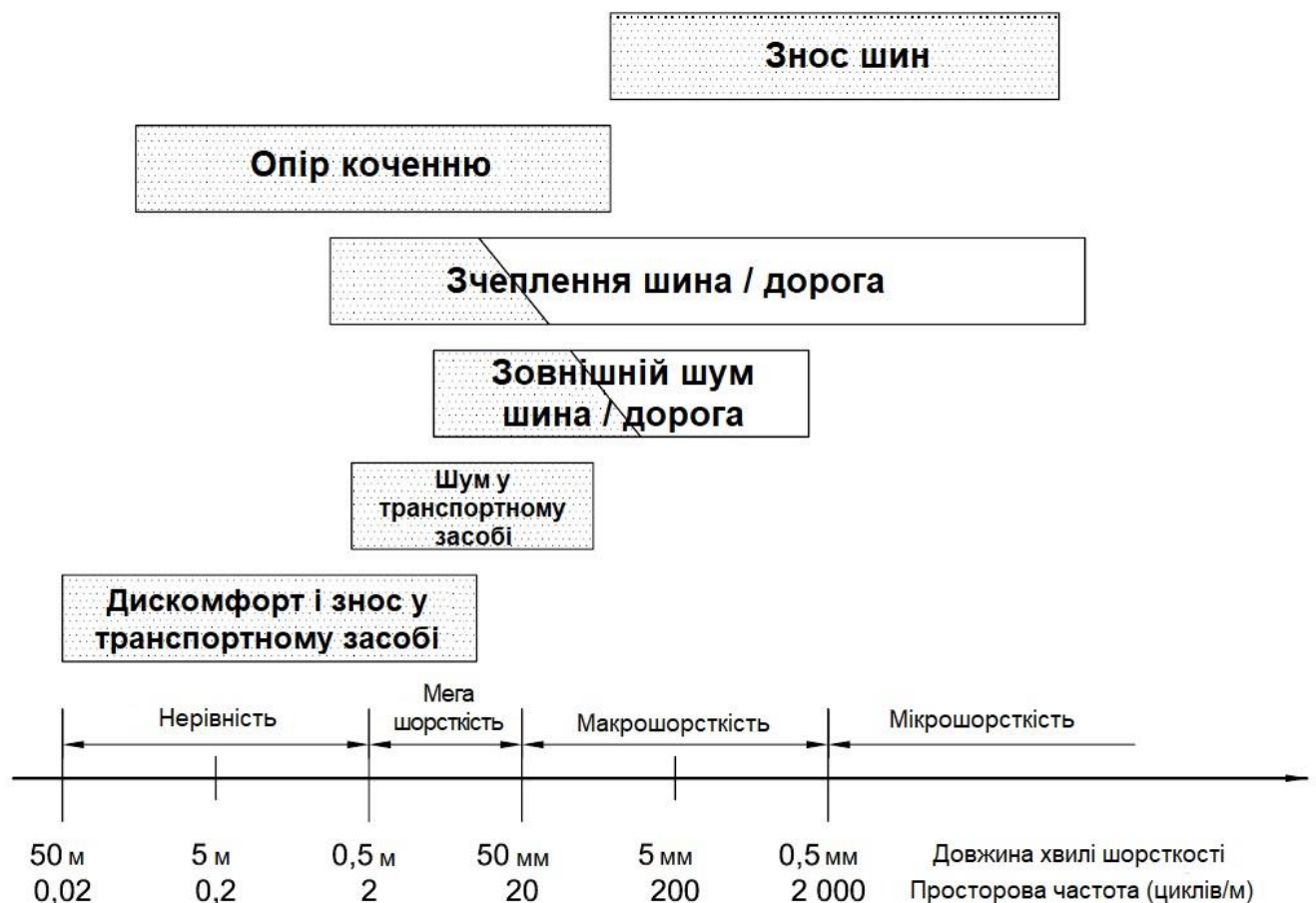


Рисунок 3.2 – Діапазони довжини хвилі шорсткості та просторової частоти і нерівномірності, а також їх найбільш важливі, очікувані ефекти

3.2.2 макрошорсткість (*macrotexture*)

макрошорсткість дорожнього покриття (*pavement macrotexture*)

Відхилення поверхні дорожнього покриття від справжньої плоскої поверхні з характерними розмірами вздовж поверхні від 0,5 мм до 50 мм, що

відповідає довжині хвилі шорсткості із смугами однієї третини октави, включаючи діапазон від 0,63 мм до 50 мм середніх довжин хвиль

Примітка 1. Повна амплітуди зазвичай змінюється в межах від 0,1 мм до 20 мм. Цей тип шорсткості має довжину хвилі такого ж розміру, що й елементи протектора шини на поверхні контакту шина/дорога. Поверхні, як правило, запроектовані із достатньою макрошорсткістю для забезпечення належного стоку води на поверхні контакту шина/дорога. Макрошорсткість забезпечується відповідним співвідношенням мінеральної частини та розчину суміші або методами обробки поверхні.

Примітка 2. Маючи на увазі фізичний зв'язок між шорсткістю та зчепленням тощо, Всесвітня асоціація автомобільних доріг (PIARC) спочатку визначила діапазони мікро-, макро- та мегашорсткості [9]. Рисунок (3.2), який є модифікованою версією рисунку PIARC, ілюструє, як ці визначення охоплюють певні діапазони довжини хвилі шорсткості поверхні та просторової частоти. Треба мати на увазі, що дискомфорт, під час поїздки, включає вплив, що відчувається в автомобільних транспортних засобах та на велосипедах, а також на інвалідних візках та інших транспортних засобах, якими користуються інваліди.

Примітка 3. Адаптовано з ISO 13473-2:2002.

3.2.3 мегашорсткість (*megatexture*)

мегашорсткість (дорожнього) покриття (*pavement megatexture*)

Відхилення поверхні дорожнього покриття від справжньої плоскої поверхні з характерними розмірами вздовж поверхні від 50 мм до 500 мм, що відповідає довжині хвилі шорсткості із смугами однієї третини октави, включаючи діапазон від 63 мм до 500 мм середніх довжин хвиль [ISO 13473-2:2002].

Примітка. Повна амплітуда зазвичай змінюються в межах від 0,1 до 50 мм. Цей тип шорсткості охоплює довжини хвиль такого ж розміру, що й типовий контакт шина/дорога, і часто обумовлений вибоїнами або хвилястістю на поверхні. Зазвичай це небажана характеристика, що виникає внаслідок дефектів поверхні. Нерівність поверхні з більшою довжиною хвилі, ніж мегашорсткість, називається нерівномірністю і, як правило, має форму хвиль на поверхні.

3.2.4 нерівність (*unevenness*)

нерівність (дорожнього) покриття (*pavement unevenness*)

Відхилення поверхні дорожнього покриття від справжньої плоскої поверхні з характерними розмірами вздовж поверхні від 0,5 м до 50 м, що відповідає довжині хвилі із смугами однієї третини октави, включаючи діапазон 0,63 м до 50 м середніх довжин хвиль

Примітка 1. Характеристика дорожнього покриття з довжиною хвилі більше 0,5 м вважається вищою ніж у шорсткості і відноситься до «нерівності». Для аеродромів будуть розглянуті навіть довжини хвиль, що перевищують 50 м. [ISO 13473-2:2002]

Примітка 2. Поздовжні нерівності - це тип нерівності поверхні, що через вібрації впливає на комфорт у транспортному засобі та його стійкість на дорозі. Поперечна нерівність, пов'язана, наприклад, з колієутворенням, що впливає на безпеку через бічну нестабільність та скупчення води. Ця частина ISO 13473 не включає терміни, які конкретно пов'язані з нерівністю. Такі терміни визначено в ISO 8608[1], ISO 16063-1[3], ASTM E 950-98[4] та EN 13036-5[6].

3.3 Методи вимірювання мегашорсткості

3.3.1 метод профілометра (*profilometer method*)

Метод, за яким вимірюється профіль поверхні дорожнього покриття, а дані використовуються для розрахунку певних математично визначених заходів.

Примітка 1. У більшості випадків профіль записується для подальшого аналізу, в деяких випадках він може використовуватися лише для розрахунків в реальному часі. [ISO 13473-2:2002].

3.4 Терміни та параметри щодо аналізу спектру профілів шорсткості

3.4.1 спектр шорсткості (*texture spectrum*)

Спектр, отриманий після аналізу кривої профілю цифровими або аналоговими методами фільтрації для визначення величини її спектральних компонентів на різних довжинах хвиль шорсткості (див. 3.4.2) або просторових частотах (див. 3.4.3).

Примітка 1. Спектр шорсткості представляє величину кожного спектрального компонента як функцію або довжини хвилі шорсткості, або просторової частоти.

Примітка 2. Адаптовано з ISO 13473-2:2002.

3.4.2 довжина хвилі шорсткості (*texture wavelength*)

λ

Величина, що описує горизонтальний розмір нерівностей профілю шорсткості [ISO 13473-2:2002]

Примітка 1. Довжина хвилі шорсткості зазвичай вимірюється в метрах (м) або міліметрах (мм).

Примітка 2. Довжина хвилі – це поняття, яке зазвичай використовується і прийнято в словниках з електротехніки та обробки сигналу. Оскільки для багатьох користувачів цієї частини ISO13473 може бути не звичним використовувати термін довжина хвилі щодо застосувань у дорожній сфері, а електричні сигнали часто використовуються під час аналізу профілів дорожнього покриття, існує ймовірність плутанини. Отже, термін «довжина хвилі шорсткості» є кращим для чіткого розмежування стосовно інших застосувань.

Примітка 3. Профіль може розглядатися як стаціонарна, випадкова функція відстані вздовж поверхні. За допомогою аналізу Фур'є таку функцію можна математично представити у вигляді нескінченного ряду синусоїдальних компонентів різних частот (і довжин хвиль), кожна з яких має задану амплітуду та початкову фазу. Для типових і безперервних профілів поверхні профіль, що проаналізований за компонентами Фур'є, містить безперервний розподіл довжин хвиль. Довжина хвилі шорсткості в ISO13473 (всі частини) є зворотною величиною просторової частоти, одиниця виміру якої є зворотний метр, еквівалент циклів на метр. Також див. 3.4.3.

Примітка 4. Довжини хвиль можуть бути фізично представлені як різні довжини періодично повторюваних частин профілю; див. рис. 3.1.

3.4.3 просторова частота (*spatial frequency*)

 $f_{\text{пр}}$

Зворотна величина довжини хвилі шорсткості (3.4.2).

Примітка 1. Просторова частота зазвичай вимірюється у зворотних метрах, див. також 3.4.2, примітка 3.

Примітка 2. Термін «частота», що використовується у часовій області (точніше «часова частота»), відповідає «просторовій частоті» в просторовій області.

Примітка 3. Адаптовано з ISO 13473-2:2002.

3.5 Терміни та параметри щодо рівня профілю шорсткості

3.5.1 рівень профілю шорсткості (*texture profile level*)

 $L_{tx,\lambda}$

$L_{TX\lambda}$

Логарифмічне перетворення амплітудного представлення кривої профілю, $Z(x)$, остання виражається як середньоквадратичне значення.

Примітка 1. Щоб розрізняти октавні й третьоктавні смуги, індекс для L пишеться великими літерами, коли стосується октавних смуг, $L_{TX\lambda}$ і маленькими літери, коли стосується третьоктавних смуг, $L_{tx,\lambda}$.

Примітка 2. Рівень профілю шорсткості, в децибелах, відносно опорного значення 10^{-6} мв третьоктавних смугах, що мають середню довжину хвилі шорсткості, λ , $L_{tx,\lambda}$, або рівень профілю шорсткості, в децибелах, відносно опорного значення 10^{-6} мв октавних смугах, що мають середню довжину хвилі шорсткості, λ , $L_{TX\lambda}$, можна виразити рівнянням (3.1):

$$\left. \begin{aligned} L_{TX,\lambda} &= 10 \lg \frac{a_{\lambda}^2}{a_{ref}^2} \text{ dB} = 20 \lg \frac{a_{\lambda}}{a_{ref}} \text{ dB} \\ L_{tx,\lambda} &= 10 \lg \frac{a_{\lambda}^2}{a_{ref}^2} \text{ dB} = 20 \lg \frac{a_{\lambda}}{a_{ref}} \text{ dB} \end{aligned} \right\} \quad (3.1)$$

де a_{λ} – середньоквадратичне значення (r.m.s) вертикального зміщення профілю поверхні, в метрах;

a_{ref} - опорне значення, тобто 10^{-6} м.

Примітка 3. Фільтри октавної та третьоктавної смуги частот зазначено у ISO 13473-2:2002, 4.4.

Приклад.

L_{tx80} позначає рівень профілю шорсткості для третьоктавної смуги частот, що має середню довжину хвилі шорсткості 80 мм, див. ISO 13473-2:2002, таблиця 1.

Примітка 4. Амплітуди шорсткості, виражені як середньоквадратичне значеннями, відфільтровані чи ні, можуть мати діапазон декількох величин; як правило, від 10^{-5} м до 10^{-2} м. Спектральна характеристика сигналів часто використовується в дослідженнях у сфері акустики, вібрацій та електротехніки. У всіх цих областях найчастіше використовують логарифмічні шкали амплітуди. Такий же підхід є кращим у цій частині ISO 13473.

Примітка 5. Рівні профілю шорсткості, на практиці, під час проектування дорожнього покриття, зазвичай коливаються від 20 дБ до 80 дБ з цими визначеннями.

Примітка 6. Адаптовано з ISO 13473-2:2002.

3.5.2 рівень мегашорсткості (*megatexture level*)

L_{Me}

Окремий випадок рівня профілю шорсткості з профілем, який проходить через смуговий фільтр, що охоплює всі смуги в одну третину октави в межах діапазону мегашорсткості відповідно до 3.2.3. [ISO 13473-2:2002].

3.6 Терміни, пов'язані з роботою профілометра

3.6.1 довжина оцінки (*evaluation length*)

l

Довжина зразка з профілю, який був або має бути проаналізований.

Примітка. Довжина оцінки зазвичай вимірюється в метрах або міліметрах.

[ISO13473-2:2002]

4 ЗНАЧЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ПОКАЗНИКІВ МЕГАШОРСТКОСТІ

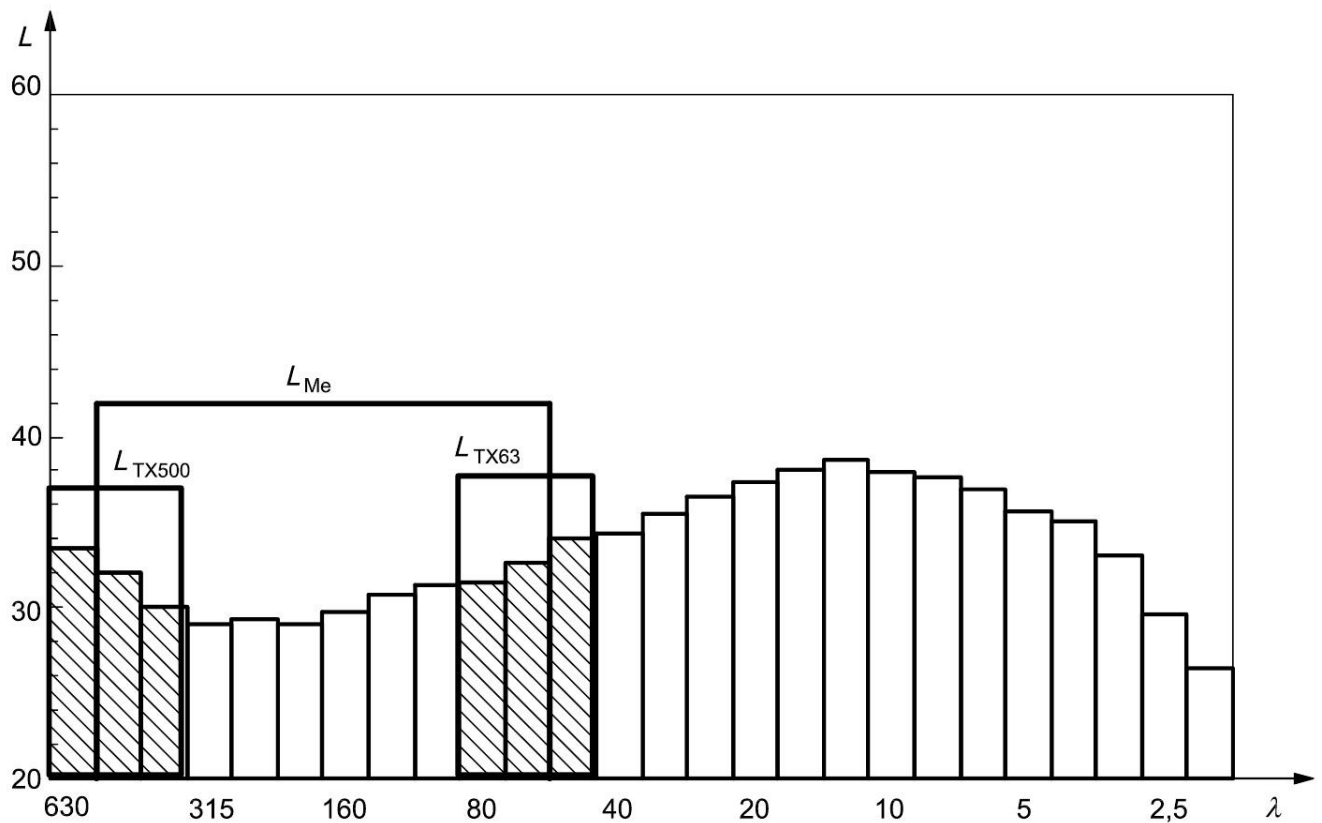
4.1 Загальна частина

Показник L_{Me} має завжди розраховуватися і зазначатися у протоколі для забезпечення порівнянності між вимірюваннями. Залежно від мети дослідження та отриманої інформації (наприклад, вимірювання нерівномірності або макрошорсткості), будь-який або всі три інші показники, наведені нижче, також можуть зазначатися у протоколі.

Метод профілометра, описаний у цій частині ISO 13473, дозволяє визначити показники (див. 4.2 до 4.5), що характеризують мегашорсткість поверхні дорожнього покриття.

4.2 Спектр мегашорсткості

Це спектр шорсткості третьоктавної смуги, що охоплює діапазон мегашорсткості та/або суміжні діапазони. Спектр мегашорсткості дає відносно повний опис характеристик мегашорсткості і використовується тоді, коли потрібен детальний опис. Спектр, що охоплює весь діапазон мегашорсткості і більшу частину діапазону макрошорсткості, показаний на рисунку 4.1, як приклад.



Умовні позначки:

λ - довжина хвилі шорсткості, в міліметрах;

L - рівень профілю шорсткості в децибелах, відносно опорного значення 10^{-6} м;

L_{Me} - рівень мегашорсткості;

L_{TX63} - рівень профілю шорсткості в октавних смугах, що мають середню довжину хвилі шорсткості 63 мм;

L_{TX500} - рівень профілю шорсткості в октавних смугах, що мають середню довжину хвилі шорсткості 500 мм;

Рисунок 4.1 – Приклад спектру шорсткості із зазначенням смуг, які включені врівні шорсткості L_{TX500} та L_{TX63}

4.3 Рівень мегашорсткості

Показник L_{Me} надає загальний опис дефектів, наявних у відхиленні між поверхнею дорожнього покриття та справжньою плоскою поверхнею. Їх характерні розміри коливаються від 50 мм до 500 мм уздовж поверхні (це відхилення відповідає довжинам хвиль шорсткості, проаналізованим в третьоктавних смугах, які включають середні довжини хвиль шорсткості від 63 мм до 500 мм). Цей показник застосовується, коли є необхідність охарактеризувати мегашорсткість за допомогою одного вимірювання. Він охоплює діапазон горизонтальної подвійної стрілки на рисунку (4.1).

Наприклад, цей параметр буде найбільш підходящим для виявлення вибоїн та інших нерівностей [11].

4.4 Рівень профілю шорсткості відносно опорного значення 10^{-6} м в октавних смугах, що мають середню довжину хвилі шорсткості 63 мм

Показник, L_{TX63} , є одним з рівнів смуги частот, отриманий в результаті вищезгаданого спектрального аналізу. Він надає опис дефектів дорожнього покриття, які мають найкоротші розміри в діапазоні мегашорсткості (відхилення між реальною поверхнею та справжньою плоскою поверхнею, що відповідає довжині хвилі шорсткості, проаналізований в третьоктавних смугах, які включають середню довжину хвилі шорсткості від 50 мм до 80 мм, що еквівалентно октавній смузі з середньою довжиною хвилі шорсткості 63 мм.). Цей показник полегшує визначення характеристик дефектів, які приблизно відповідають довжині звичайної площини контакту шина/покриття і які, з цієї причини, відіграють безпосередню роль у виникненні шуму під час контакту шина/дорога [7]. Див. прямокутник на рисунку 4.1 із позначкою L_{TX63} .

4.5 Рівень профілю шорсткості відносно опорного значення 10^{-6} м в октавних смугах, що мають середню довжину хвилі шорсткості 500 мм

Показник, L_{TX500} , подібний до L_{TX63} , але представляє більшу довжину хвилі в межах діапазону мегашорсткості. Він надає опис дефектів дорожнього покриття, що мають найдовші розміри в межах діапазону мегашорсткості (відхилення між реальною поверхнею та справжньою плоскою поверхнею, що відповідає довжині хвилі шорсткості, проаналізований в третьоктавних смугах, які включають середню довжину хвилі шорсткості від 400 мм до 630 мм, що еквівалентно октавній смузі з середньою довжиною хвилі шорсткості 500 мм). Цей показник дозволяє визначити характеристики дефектів, які можуть призвести до втрати шинами контакту з поверхнею, а отже, збільшити небезпеку (збільшення гальмівного

шляху, втрата кермового керування на поворотах тощо) та знизити комфорт водія і пасажирів. Цей показник доповнює інформацію, отриману в результаті вимірювань нерівномірності на коротких довжинах хвиль нерівномірності (0,7 м до 1,3 м). Див. прямокутник на рисунку (4.1) із позначкою L_{TX500} .

Примітка. Обидва рівні октавних смуг L_{TX500} та L_{TX63} перекриваються в суміжних діапазонах, хоча дві з трьох смуг однієї третини октави цих показників знаходяться в межах діапазону мегашорсткості. Це пов'язано з тим, що початкове визначення макрошорсткості та мегашорсткості не враховувало октавній третьоктавні смуги; замість цього, як обмеження, були обрані «рівні» числа, такі як 500 мм та 50 мм. Технічно це перекриття неважливо.

Значення, отримані під час обробки кривої профілю, застосовуючи цю частину ISO13473, нечутливі до будь-якої асиметрії кривої профілю; так звана «позитивна» та «негативна» шорсткість. В принципі, характеристика мегашорсткості, що має високі, але вузькі піки в позитивному напрямку, може впливати на взаємодію шина/дорога, що сильно відрізняється від аналогічного профілю, що має зворотні характеристики (пік у негативному напрямку). Такі профілі, один з яких протилежний іншому, дають однаковий результат щодо значень мегашорсткості, отриманих під час застосування цієї частини ISO 13473. Користувачеві, через це, рекомендується дотримуватися певної обережності під час інтерпретації результатів вимірювань. Однак поки що на практиці зареєстровано дуже незначний вплив цього ефекту, і не існує жодних прийнятих процедур для його пом'якшення. Можливо, в майбутньому, під час перегляду цієї частини ISO13473 такі ефекти будуть враховані; наприклад, застосовуючи процедуру, що імітує обгортання шорсткості шиною. Тим часом користувачеві, який бажає врахувати цей ефект, рекомендується застосовувати коефіцієнт асиметрії, який визначено в ISO13473-2:2002, 3.7.5, як доповнення до заходів, що надані в цій частині ISO13473. Тип дорожнього покриття, яке потенційно дає високу асиметрію – це бруківка.

Для такої поверхні та подібних типів покриття значення мегашорсткості слід використовувати з обережністю.

5 ПРИНЦИПИ ВИМІРЮВАННЯ ТА ОБРОБКИ ДАНИХ

Безконтактна система на базі транспортного засобу виконує такі операції:

- а) вимірювання кривої профілю поверхні дорожнього покриття;
- б) попередня обробка виміряного профілю для забезпечення його придатності для спектрального аналізу;
- в) розрахунок спектра шорсткості профілю поздовжнього перерізу в діапазоні довжин хвиль мегашорсткості (не обов'язково, якщо L_{Me} вимірюється і розраховується на основі смугової фільтрації);
- г) зі спектру розраховується показник L_{Me} ; альтернативно L_{Me} вимірюється за допомогою смугового фільтра, що має відповідні верхню і нижню граничні частоти;
- д) зі спектру можна розрахувати показники L_{TX63} та L_{TX500} (необов'язково).

Примітка. Розрахунки зазвичай проводяться в режимі реального часу, хоча можлива постобробка.

6 АНАЛІЗ ПОВЕРХНІ ВИПРОБУВАННЯ

6.1 Загальна частина

Вимірювання не слід проводити під дощем або снігом. Під час вимірювань поверхня має бути сухою, якщо не встановлено, що використовуване обладнання однаково добре працює як на мокрій, так і на сухій поверхні. Крім того, поверхня повинна бути чистою і без будь-яких елементів, які можуть перешкодити вимірюванням.

Примітка. Вимірювання за допомогою оптичної системи не обов'язково є дуже надійними для нещодавно асфальтованих поверхонь, оскільки вони, як правило, дуже темні та блискучі. Якщо випробування щодо мегашорсткості проводяться під час або, скоріше, незабаром після влаштування асфальтобетонного покриття, спотворення через градієнти температури повітря над випробуваною поверхнею можуть впливати на результати вимірювань.

Для доріг, відкритих для руху, шорсткість зазвичай змінюється в поперечному перерізі. В цьому випадку бічне положення вимірювань має відповідати запланованому використанню результатів.

6.2 Довжина випробування

Рекомендується проводити вимірювання і розрахунки по всій ділянці випробувань; тобто, якщо профіль записаний в поздовжньому напрямку вздовж випробувальної ділянки, слід використовувати 100 % виміряної лінії, якщо це можливо.

Хоча безперервне вимірювання є ідеальним, виміряна довжина має містити не менше п'яти рівномірно розподілених профілів на 100 м випробувальної ділянки. Довжина оцінки кожного профілю, як правило, становить 10 м. Однак у випадках, коли застосовуються стаціонарні профілометри, можна використовувати коротші довжини. Тоді мінімальна довжина оцінки становить 3 м для аналізу в октавних смугах, а також для визначення L_{Me} , або 9 м для аналізу в третьоктавних смугах.

Для визначення змінності в поздовжньому напрямку, представленої поздовжнім стандартним відхиленням, необхідно вимірювати ряд профілів поверхні, кожен з яких має довжину, що дорівнює одній довжині оцінки (див. попередній параграф) (див. також 9.4).

Характеризуючи довгу ділянку випробування з відносно короткими довжинами зразків, переконайтесь, що шорсткість в межах довжини (довжин) зразка (зразків) є досить репрезентативною для загальної довжини. Необхідно визначити мінімальну кількість зразків, необхідних для мінімізації ефекту будь-яких сумнівів щодо неоднорідності.

7 ВИМІРЮВАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ

7.1 Загальна частина

Використовуйте систему профілометрів, яка видає електричний сигнал, пропорційний відстані між базовою плоскістю датчика та заданою точкою зразка поверхні. Зазвичай датчик є електрооптичним пристроєм або відеокамерою, але можуть використовуватися інші пристрої, які

відповідають вимогам ISO13473-3. Кінцевий результат має бути лінійно пов'язаний з профілем шорсткості, а лінійність може бути отримана як в апаратному, так і програмному забезпеченні.

Система профілометрів також має забезпечити засоби переміщення датчика вздовж або поперек поверхні на висоті (вертикально), яка по суті є постійною протягом щонайменше однієї повної довжини хвилі. Однак ця вимога не застосовується, коли профіль отримують використовуючи пристрої секціонування світла, де профіль і його базова лінія або плоскість записуються миттєво.

Система профілометрів має відповідати таким характеристикам згідно з ISO13473-3:

Клас мобільності: мобільний, швидкий або повільний.

Довжина хвилі шорсткості: Клас EF (63 мм до 500 мм) або ширше.

Мінімальний діапазон вертикального вимірювання: 60 мм.

Мінімальна горизонтальна безперервна довжина вимірювання (оцінки): 3 м (якщо використовуються октавні смуги) або 9 м (якщо використовуються третьоктавні смуги).

Вертикальна роздільна здатність: 0,04 мм або вище.

Горизонтальна роздільна здатність: 20 мм або вище.

Максимальний інтервал вибірки: 20 мм (рекомендується 10 мм або менше).

Діапазон довжини хвилі шорсткості датчика та системи запису: частотна характеристика всієї системи вимірювання та збору даних має бути в межах ± 1 дБ протягом всього діапазону мегашорсткості.

Фоновий шум: Максимальне середньоквадратичне значення: 0,05 мм (див далі в ISO 13473-3:2002, таблиця 7).

Вирівнювання датчика та локальне обмеження уклону: див ISO 13473-3:2002, 6.10.

7.2 Чутливість до навколишнього світла

Відбитий сигнал від профілю не повинен змінюватися більш ніж на 0,1 мм під час зміни між темним та світлим зовнішнім середовищем.

7.3 Чутливість до оптичних властивостей поверхні

Відбитий сигнал від профілю не повинен змінюватися більш ніж на 0,1 мм під час переміщення датчика між дуже темними та дуже яскравими матеріалами. Рекомендується проводити перевірку системи шляхом переміщення датчика по гладкій поверхні, що має переходи від білого до чорного і до білого.

Примітка. Щойно укладені поверхні, принаймні, бітумні, як правило, мають глянсовий і надзвичайно темний вигляд. Профілометри, які використовують оптичний промінь, зазвичай мають проблеми з такими поверхнями, оскільки занадто мало світла розсіюється в напрямку приймаючого елемента. Коефіцієнт викидів зростає, і можуть мати місце імпульсні перешкоди через екстремальні переходи між темними та світлими поверхнями. Це ж стосується поверхонь, які темні через вологу.

7.4 Чутливість до вологих/мокрих поверхонь

Треба зазначити у протоколі, чи є вихідний профіль чутливим до ступеня вологості дорожнього покриття і який тип вологості або кількість води вважається прийнятним.

8 МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ

8.1 Загальна частина

Вимірювання включає такі операції:

- а) перевірка чутливості до вертикального руху транспортного засобу (лише через певні інтервали часу, див. 8.4);
- б) калібрування системи профілометра (див. 8.2);
- в) прогін профілометра над випробувальною ділянкою та вимірювання профілю поверхні дорожнього покриття (див. 8.3), використовуючи відповідну швидкість випробування, як зазначено в 8.3;
- г) попередня обробка профілю для забезпечення його придатності для спектрального аналізу (див. 8.5 та 8.6).

8.2 Калібрування

Калібрування слід виконувати шляхом переміщення датчика над спеціальною калібрувальною поверхнею з чітко визначеним профілем. Вертикальне відхилення поверхні калібрування по відношенню до її теоретичного профілю не повинно перевищувати 1 % від повної амплітуди; приблизно відповідає 0,1 дБ.

Процедури калібрування в цьому документі не визначені. Вони повинні бути розроблені таким чином, щоб додаткова стандартна невизначеність, яку вносить ця процедура (в доповнення до поверхні калібрування, див. вище), не була більше ніж 0,1 дБ.

В протоколі зазначається тип калібрування, що застосовується.

Примітка. Процедури калібрування та приклади калібрувальних поверхонь наведено у ISO 13473-3:2002, Додаток А. Розглядається можливість адаптації до відповідного діапазону довжин хвиль мегашорсткості, хоча поверхня калібрування призначена для діапазону макрошорсткості, вона може використовуватися також для мегашорсткості, якщо основна довжина хвилі становить не менше 10 мм.

8.3 Швидкість вимірювання

Коливання швидкості вимірювання впливають на точність вимірюваного профілю; див. також ISO/TS13473-4:2008, 6.1. Цей пункт також передбачає вимоги щодо системи вимірювання на базі відстані. Швидкість, з якою простежується профіль, має забезпечити дотримання вимог щодо вибірки та пропускної здатності.

Примітка 1. Швидкість вимірювання може впливати на частотну шкалу будь-якого спектрального аналізу. Часова частота, f , визначається як:

$$f = v \cdot f_{\text{пр}}$$

де v – швидкість;

$f_{\text{пр}}$ - просторова частота (зворотна величина довжини хвилі).

Примітка 2. Відповідно до методу вибірки та наявності будь-якого фільтра низьких частот, швидкість може впливати на обмеження мінімальної довжини хвилі.

8.4 Чутливість до вертикального руху транспортного засобу

Переконайтесь, що датчик є стабільним у вертикальному положенні, принаймні, під час вимірювання повної довжини оцінки та на всіх робочих швидкостях, або, що він має певні засоби компенсації вертикальних рухів. Для цього потрібно, щоб вертикальні рухи, наприклад, ті, що виникають через власну частоту підвіски датчика та/або його носія, мали незначний вплив, тобто не порушували вимоги щодо фонового шуму, визначені в 7.1.

Відповідним випробуванням є тестування транспортного засобу (на якому встановлено вимірювальний прилад) по гладкій і рівній поверхні, щоб шини перекочувалися через об'єкт, висотою від 20 мм до 25 мм, шириною 200 мм і довжиною від 100 мм до 150 мм, розміщеному на поверхні. Перекат через об'єкт викличе вібрації в транспортному засобі. Різниця записаного профілю з об'єктом і без нього є показником впливу вібрацій транспортних засобів.

Випробування, описані в цьому пункті, необхідні, коли працездатність вимірювальної системи перевіряється вперше, а також через деякий час, коли працездатність системи підвіски транспортного засобу могла змінитися.

8.5 Попередня обробка: визначення недійсних показань та заходи щодо уникнення їх впливу

Система профілометрів повинна мати засоби для забезпечення того, щоб недійсні показання не впливали суттєво на результати вимірювання. Наприклад, коли сигнал стає недійсним, він може утримуватися на попередньому правильному рівні або може виконуватися лінійна інтерполяція між попереднім та наступним правильними рівнями. Процедура лінійної інтерполяції є кращою. Дивись також ISO13473-3.

8.6 Попередня обробка: коефіцієнт викидів та достовірність вимірювань

Вимірювання на конкретному дорожньому покритті вважаються достовірним, якщо коефіцієнт викидів для відповідної довжини оцінки відповідає одному з таких критеріїв [10]:

а) якщо виконується лінійна інтерполяція, допустимий коефіцієнт викидів до 10 %;

б) якщо не виконується лінійна інтерполяція, останнє дійсне значення перед викидом вважається заміною для викиду (викидів), і в такому випадку коефіцієнт викидів не повинен перевищувати 5 %.

Примітка. Викиди можуть мати місце. Переважно це обумовлено певними фотометричними властивостями випробувальної поверхні або поглинанням світла в глибоких поглибленнях профілю. Крім того, лазерні діоди (якщо вони використовуються) поступово втрачають свою силу під час використання, що може врешті-решт призвести до надмірної частоти викидів. Необхідно регулярно перевіряти інтенсивність світлодіодів.

9 ОБРОБКА ДАНИХ

9.1 Загальна частина

Вимірювання та розрахунки повинні включати такі операції:

а) розрахунок спектру шорсткості (в третьоктавних смугах) поздовжнього перерізу дорожнього покриття в межах діапазону довжин хвиль мегашорсткості;

б) розрахунок показника L_{Me} зі спектру.

Як варіант, показник L_{Me} може бути виміряний безпосередньо за допомогою відповідного смугового фільтра, що має смугу пропускання, яка збігається з граничними частотами третьоктавних смуг 500 мм та 63 мм; в такому випадку не потрібно розраховувати весь спектр.

Додаткова можуть бути розраховані:

- показники L_{TX500} та L_{TX63} зі спектру;
- поздовжнє стандартне відхилення, s , що представляє варіювання L_{Me} , L_{TX500} та L_{TX63} між 10 м ділянками профілю, може бути корисним як міра однорідності поверхні.

Примітка. Розрахунки зазвичай проводяться в режимі реального часу, хоча в принципі це необов'язково.

9.2 Спектр шорсткості

9.2.1 Загальна частина

Цей пункт визначає вимоги та надає рекомендації щодо спектрального аналізу сигналів профілю шорсткості. Метою є допомога у виборі відповідних типів спектрів та представленні спектрів шорсткості і шкал діаграм більш одноманітними.

Більш детальні технічні вимоги щодо спектрального аналізу наведено в ISO/TS13473-4.

9.2.2 Представлення спектру шорсткості

Спектр шорсткості повинен бути представлений логарифмічним значенням довжини хвилі шорсткості та/або просторової частоти на абсцисі. Порядок значень зліва направо є кращім для зменшення довжини хвилі та/або збільшення просторової частоти. Ордината спектру шорсткості має бути рівнем профілю шорсткості, $L_{tx,\lambda}$ або $L_{TX,\lambda}$.

Використання логарифмічної міри не виключає використання лінійного значення; тобто середньоквадратичного значення. Скрізь, де це доцільно, рекомендується використовувати лінійне значення як доповнення до логарифмічного. Це може бути досягнуто, наприклад, шляхом надання шкали рівня профілю шорсткості на лівій вертикальній осі спектральної діаграми і профілю середньоквадратичного значення на правій вертикальній осі.

Примітка. Вище наведена вимога забезпечує схожість форм сигналу, що вимірюється, незалежно від того, що використовується: довжина хвилі шорсткості або просторова частота. Можливе також паралельне представлення на тій же діаграмі; наприклад, див. подвійне маркування абсциси на рисунку 3.2.

9.2.3 Спектральний діапазон

В рамках цієї частини ISO13473 рекомендується виконувати спектральний аналіз з використанням октавної або особливо третьоктавної смуги. Спектри з постійною смугою, дванадцятої октави або вузько смугові

в цьому випадку не рекомендуються, оскільки вони зазвичай дають дані з більш високою спектральною роздільною здатністю, ніж це потрібно, і таким чином збирають занадто багато даних з обмеженим використанням.

Примітка 1. Спектральний аналіз може проводитися з різною шириною смуги довжини хвилі шорсткості або просторової частоти. Ширина смуги – це діапазон довжини хвилі шорсткості або просторової частоти, який охоплює спектральна амплітуда або рівень, і визначається як ширина смуги між точками, де сигнал послаблюється на 3 дБ.

Примітка 2. Для розрахунку більш широких діапазонів можна використовувати більш вузькі смуги.

9.2.4 Середні частоти спектральних смуг

Октавні або третьоктавні смуги повинні мати середню довжину хвилі шорсткості та середню просторову частоту відповідно до таблиці (9.1), які встановлено таким чином, щоб чисельно відповідати смугам, зазначеним в ІЕС 61260. Верхня та нижня частоти відсічення(-3 дБ) кожної смуги, а також форма амплітудно-частотної характеристики фільтра мають відповідати ІЕС61260 (див.також ISO/TS13473-4).

Примітка. Діапазон, наведений в таблиці (9.1), охоплює діапазон, в якому зараз працює більшість профілометрів. Цей діапазон може бути розширений на обох кінцях шляхом екстраполяції числового ряду, якщо вимірювальні прилади дозволять це.

Таблиця 9.1 — Середні довжини хвиль шорсткості та просторової частоти

Октавні смуги		Третьоктавні смуги		Діапазон
Довжина хвилі шорсткості λ , мм	Просторова частота $f_{\text{пр}}, \text{м}^{-1}$	Довжина хвилі шорсткості λ , мм	Просторова частота $f_{\text{пр}}, \text{м}^{-1}$	
		 630	1,60	нерівність ↓
500	2,00	500	2,00	↑
		400	2,50	
		315	3,15	
250	4,00	250	4,00	
		200	5,00	
		160	6,30	
125	8,00	125	8,00	
		100	10,0	
		80,0	12,5	
63,0	16,0	63,0	16,0	↓
		50,0	20,0	↑
				макрошорсткість

9.3 Одиночні показники

Розрахувати L_{Me} як визначено в 3.5.2. Основою є рівні третьоктавних смуг або середньоквадратичне значення вертикального переміщення згідно з 3.5.1. Розрахунки проводяться таким чином.

Для кожної третьоктавної смуги застосовується лінійне значення профілю a_λ (див. 3.5.1). Якщо вимірювальний прилад надає рівень $L_{tx,\lambda}$ замість середньоквадратичного значення, то середньоквадратичне значення розраховується, застосовуючи анти логарифмічне рівняння:

$$a_\lambda^2 = a_{ref}^2 10^{(L_{tx,\lambda}/10)}. \quad (9.1)$$

Розрахувати підсумок всіх відповідних значень діапазону третьоктавної смуги для отримання значення, що представляє повний діапазон мегашорсткості і позначати a_{Me}^2 як наведено нижче:

$$a_{Me}^2 = a_{63}^2 + a_{80}^2 + a_{100}^2 + a_{125}^2 + a_{160}^2 + a_{200}^2 + a_{250}^2 + a_{315}^2 + a_{400}^2 + a_{500}^2. \quad (9.2)$$

Розрахувати відповідний рівень мегашорсткості (див. 3.5.2), L_{Me} , таким чином:

$$L_{Me} = 10 \lg \left(\frac{a_{Me}}{a_{ref}} \right)^2 \text{ dB}, \quad (9.3)$$

де a_{ref} – опорне значення, 10^{-6} м.

Розрахувати (необов'язково) рівень профілю шорсткості (3.5.1), L_{TX63} або L_{TX500} , використовуючи той же принцип, що і для L_{Me} , але застосовуючи

$$\begin{aligned} a_{TX63} &= a_{50}^2 + a_{63}^2 + a_{80}^2, \\ a_{TX63} &= a_{50}^2 + a_{63}^2 + a_{80}^2. \end{aligned} \quad (9.4)$$

Альтернативно, L_{Me} може бути отримано шляхом вимірювання вихідного сигналу від смугового фільтра, який має нижню граничну частоту, що відповідає довжині хвилі шорсткості 562 мм, і верхню граничну частоту, що відповідає довжині хвилі шорсткості 56 мм (з тією ж частотою відсічення, що і третьоктавні смуги згідно IEC61260).

Результат (результати) зазначаються у децибелах, як рівні відносно 10^{-6} м. Як варіант, результат можна зазначати в міліметрах. Для переходу

від логарифмічного значення, $L_{tx,\lambda}$, в децибелах, до лінійного, a_λ , в міліметрах, використовується таке рівняння:

$$a_\lambda = 10^3 a_{ref} 10^{\left(\frac{L_{tx,\lambda}}{20}\right)}. \quad (9.5)$$

9.4 Поздовжнє стандартне відхилення

Поздовжнє стандартне відхилення, s , є стандартним відхиленням для будь-якого L_{Me} , L_{TX63} або L_{TX500} , між всіма рівнями, виміряними на послідовних ділянках профілю в межах всієї довжини випробування:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n-1}}, \quad (9.6)$$

де n – кількість зразків (довжин оцінки) в межах довжини випробування;

L_i – рівень профілю шорсткості конкретної довжини оцінки (див. 6.2);

$\bar{L}$ – середнє арифметичне для всіх рівнів профілю шорсткості протягом всієї довжини випробування.

Щоб розрізнити стандартні відхилення, на які посилається L_{Me} , L_{TX63} або L_{TX500} , відповідно, індекси використовують таким чином:

s_{Me} - поздовжнє стандартне відхилення L_{Me} ;

s_{TX63} - поздовжнє стандартне відхилення L_{TX63} ;

s_{TX500} - поздовжнє стандартне відхилення L_{TX500} .

9.5 Особливості

Особливість – це характеристика нерівності поверхні, яка не повторюється від однієї довжини оцінки до іншої в межах 100 м. Прикладами особливостей є:

- а) вибоїни, якщо вони не повторюються чи продовжуються на відстані, що перевищує 10 м;
- б) заглиблені люки;
- в) мостові стики;

г) пошкоджені стики між бетонними плитами (хоча самі стики зазвичай повторюються регулярно і не повинні розглядатися як особливості);

д) сильна втрата щебню в одному місці;

е) зміни рівня на дорожньому покритті, де ділянку було тимчасово засипано або між двома типами шарів зносу дорожнього покриття;

ж) розмітка на пішохідних переходах;

з) поглиблення внаслідок механічного пошкодження покриття.

Для представлення рівня мегашорсткості особливостей, вимірний профіль обробляється таким чином.

Розрахувати L_{Me} на 10-ти метровій довжині оцінки, в межах якої розташована особливість, і використати цей рівень як типове значення, що представляє особливість. Позначається як L_{OC} .

Високе значення L_{Me} недостатньо для визначення особливості; потрібне візуальне спостереження для підтвердження.

Примітка. Додаткову інформацію щодо цього питання можна знайти у Посиланні [12].

10 НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ

Невизначеність результатів, отриманих під час вимірювань згідно з цією частиною ISO13473, має оцінюватися, переважно, відповідно до ISO/IECNP Guide 98-3. Якщо необхідно зазначити у протоколі, розширену невизначеність вказують разом із відповідним коефіцієнтом покриття для заявленої ймовірності покриття 95%, як визначено у ISO/IECNP Guide 98-3. Рекомендації щодо визначення розширеної невизначеності наведено в додатку Б.

11 ВИМОГИ ДО БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВИМІРЮВАНЬ

ПОПЕРЕДЖЕННЯ - Ця частина ISO 13473 може включати небезпечні операції під час проведення вимірювання на проїжджій частині дороги. Персонал та транспортні засоби, що знаходяться на вимірювальній ділянці, повинні бути обладнані запобіжними або попереджувальними пристроями

відповідно до діючих правил для роботи в потоці руху (якщо такі є у цьому конкретному місці в цей конкретний час. В іншому, ця частина ISO13473 не призначена для вирішення проблем безпеки, пов'язаних з її використанням. Користувач цієї частини ISO13473 несе відповідальність за встановлення відповідних правил техніки безпеки та охорони здоров'я і визначення можливості застосування нормативних обмежень перед використанням.

12 ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАННЯ

Представити результати у формі, що містить щонайменше такі пункти

а) компетенція:

- 1) ідентифікація організації, яка проводить випробування,
- 2) опис та ідентифікація вимірювальної системи,
- 3) назва організації, яка є замовником випробування (необов'язково),
- 4) ідентифікація групи, що виконує вимірювання (необов'язково),
- 5) дата перевірки та/або калібрування вимірювального приладу уповноваженим органом, а також назва організації, яка виконувала цю послугу;

б) ідентифікація ділянки:

- 1) номер дороги або назва вулиці,
- 2) відрізок дороги, що вимірюється, переважно із зазначенням початку та кінця (наприклад, включаючи кілометрову розмітку),
- 3) клас дороги, включаючи кількість смуг (необов'язково), а також історію ділянки, наприклад дата асфальтування та будь-які істотні та ідентифікуючі пошкодження (необов'язково),
- 4) смуга руху та напрямок руху вимірювань,
- 5) вимірюваний напрямок (наприклад, ліва колісна колія, права колісна колія або між колісними коліями);

в) опис випробувальної поверхні:

- 1) тип дорожнього покриття,

- 2) максимальний розмір і градація відколів, якщо вони є,
 - 3) походження матеріалів (необов'язково),
 - 4) стан поверхні (необов'язково),
 - 5) особливості технології асфальтування (необов'язково);
- г) особливі характеристики зони, що досліджується, та особливі характеристики випробування:
- 1) дата вимірювання,
 - 2) погодні умови (необов'язково),
 - 3) конкретні умови випробування, наприклад наявність будь-якого бруду на дорожньому покритті або опадів (необов'язково);
- д) представлення результатів, що містять:
- 1) довжину оцінки та довжину вимірюної ділянки,
 - 2) виміряне значення L_{Me} , включаючи середнє арифметичне, а також його стандартне відхилення, S_{Me} ,
 - 3) ідентифікаційний номер вимірювання (необов'язково),
 - 4) поздовжнє розташування кожного вимірювання (необов'язково),
 - 5) виміряний спектр третьоктавної смуги (необов'язково),
 - 6) виміряне значення L_{TX63} (необов'язково), включаючи середнє арифметичне та стандартне відхилення, S_{TX63} ,
 - 7) виміряне значення L_{TX500} (необов'язково), включаючи середнє арифметичне та стандартне відхилення, S_{TX500} ,
 - 8) значення, L_{OC} , будь-якої істотної особливості,
 - 9) гістограму значень, отриманих на тестовій ділянці (необов'язково),
 - 10) розширену невизначеність вимірювання.

ДОДАТОК А
(інформаційний)

**ПРИКЛАД ПРОТОКОЛУ ВИПРОБУВАННЯ ТА ГРАФІЧНОГО
ПРЕДСТАВЛЕННЯ ДАНИХ**

A.1 Форма протоколу випробувань

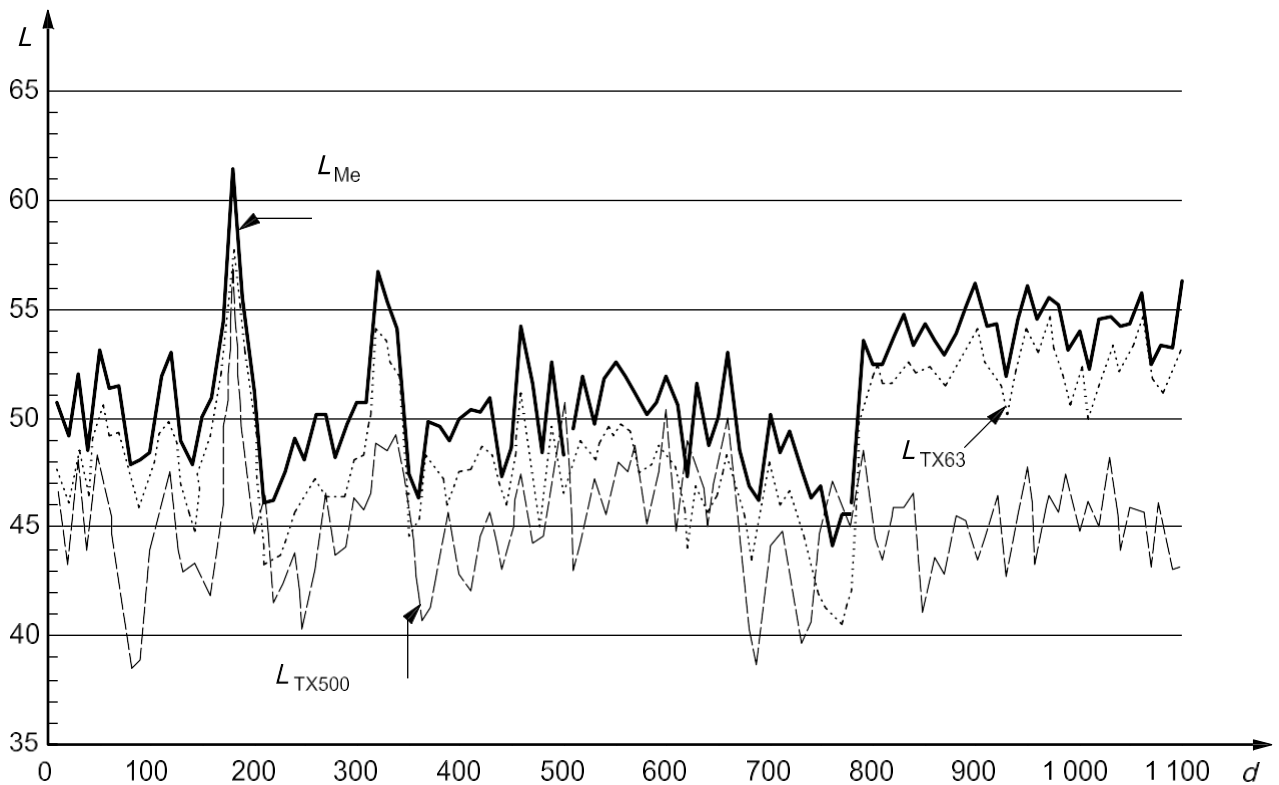
Форма на наступній сторінці є прикладом протоколу випробування. Користувачеві цього стандарту дозволяється копіювати цю форму.

Рекомендується доповнити протокол випробувань графічним представленням даних, як показано на рисунках А.1, А.2 та А.3.

A.2 Графічне представлення даних

A.2.1 Амплітуда залежно від відстані та гістограми

Для вимірювання, що представляє певну ділянку випробування, доцільно показати виміряні одиночні показники. На рисунку А.1 показано вимірювання, що проходить на 1 100 м тестовій ділянці. Треба мати на увазі, що якщо ділянка випробування значно довше 1 км, рекомендується з метою синхронізації, включати в дані вимірювань, а також в діаграму кілометрові маркери, зроблені оператором вимірювання або будь-яким автоматичним способом. На рисунку А.2 показані ті самі дані, але в гістограмі, що ілюструє частоту появи кожного рівня.



Умовні позначки:

d - відстань уздовж випробувальної ділянки, в метрах;

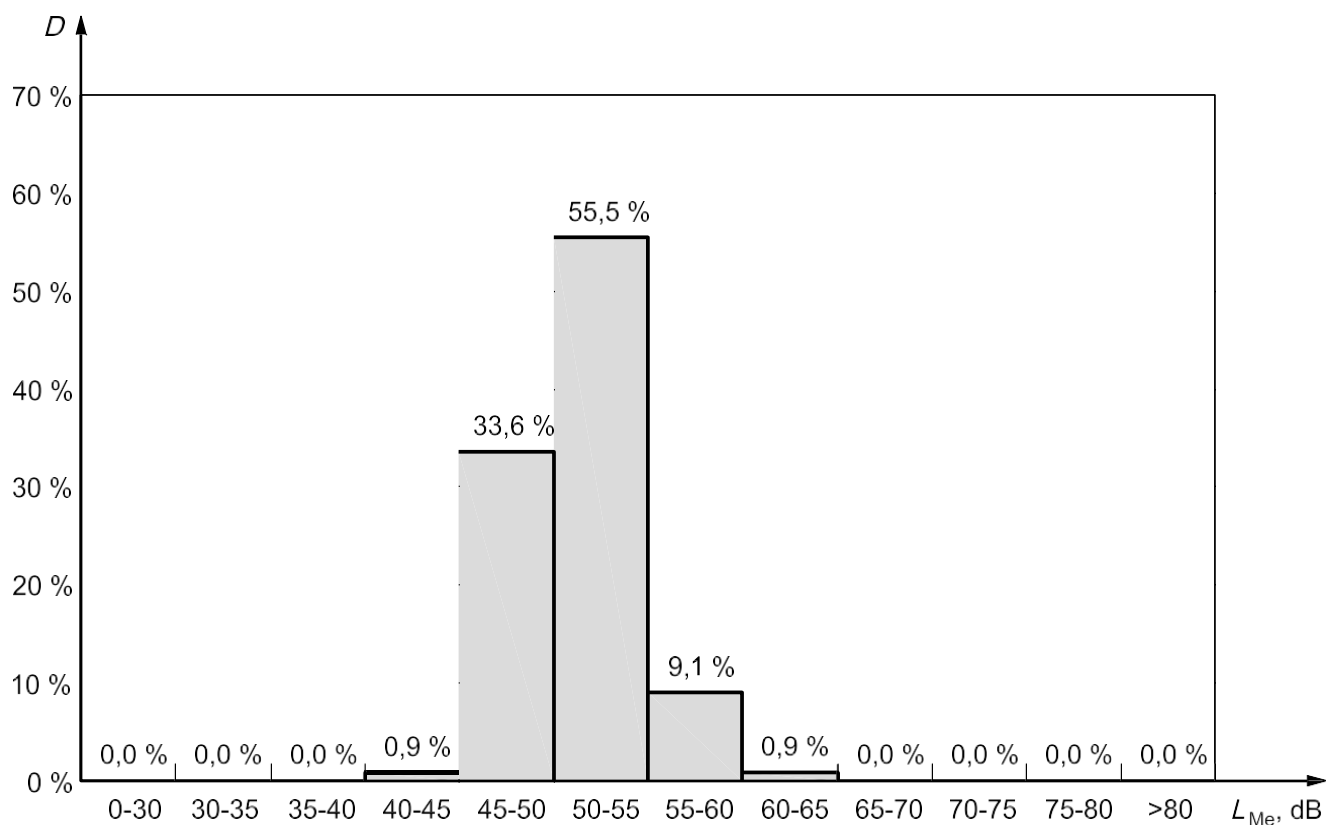
L - рівень профілю шорсткості відносно опорного значення 10^{-6} м, в децибелах;

L_{Me} - рівень мегашорсткості;

L_{TX63} - рівень профілю шорсткості в октавних смугах, що мають середню довжину хвилі шорсткості 63 мм;

L_{TX500} - рівень профілю шорсткості в октавних смугах, що мають середню довжину хвилі шорсткості 500 мм;

Рисунок А.1 – Приклад вимірюваних рівнів профілю шорсткості, виражених як L_{Me} , L_{TX500} та L_{TX63} , над тестовою ділянкою завдовжки 1100 м



Умовні позначки:

D - частота виникнення спостережуваних значень L_{Me} ;

L_{Me} - рівень мегашорсткості;

Рисунок А.2 – Приклад гістограм виміряних рівнів профілю шорсткості, в спеціальному випадку рівня мегашорсткості L_{Me}

Таблиця А.1 — Вимірювання мегашорсткості - Протокол випробування

Компетенція		
Організації, яка проводить випробування:		Організація-замовник (необов'язково):
Вимірювальна система:		Вимірювальна група (необов'язково)
Перевірка/калібрування вимірювальної системи авторизованим органом (дата та документ):		
Ідентифікація ділянки		
Номер дороги/вулиці:		Відрізок дороги, що вимірюється (місце розташування, початок та кінець):
Смуга руху та напрямок руху:		Вимірюваний напрямок (права/ліва колісна колія, між колісними коліями):
Категорія дороги, історія дорожнього покриття (необов'язково):		
Опис поверхні випробування		
Тип покриття (наприклад, офіційне позначення):		Максимальний розмір і градація відколів (за наявності):
Походження дорожнього матеріалу (необов'язково):		Особливості технології влаштування асфальтобетонного шару (необов'язково):
Стан поверхні, включаючи будь-які ознаки переваги "позитивної" або "негативної" шорсткості (необов'язково):		
Особливі характеристики зони, що досліджується та особливі характеристики випробування		
Дата вимірювання:		Погодні умови (необов'язково):
Конкретні умови випробувань; наприклад наявність бруду на поверхні або опади (необов'язково):		
Результати випробування		
Довжина виміряної ділянки:		Довжина оцінки:
Ідентифікаційний номер вимірювання:		Розташування цього вимірювання в межах вимірювальної ділянки (якщо застосовується):
Діаграма дорожнього профілю, що додається (наприклад, рисунок А.1)?		Гістограма, що додається (наприклад, рисунок А.2)?
Спектр третьоктавної смуги, що додається (наприклад, рисунок А.3)?		
Середній L_{Me} :	Стандартне відхилення s_{Me} :	Розширена невизначеність (95 %) U_{tot} :
Середній L_{TX63} :	Стандартне відхилення s_{TX63} :	Розширена невизначеність (95 %) U_{tot} :
Середній L_{TX500} :	Стандартне відхилення s_{TX500} :	Розширена невизначеність (95 %) U_{tot} :
Значення L_{oc} будь-якої істотної особливості:		

А.2.2 Спектральні діаграми

Можливі кілька засобів графічного представлення спектрів шорсткості; хоча ордината - це завжди значення, що пов'язане з амплітудою або рівнем, а абсциса завжди представляє просторову частоту або довжину хвилі шорсткості. У разі представлення шорсткості дорожнього покриття

прийнято, по осі ординат позначати децибели третьоктавної смуги, а по осі абсцис – середні частоти третьоктавної смуги.

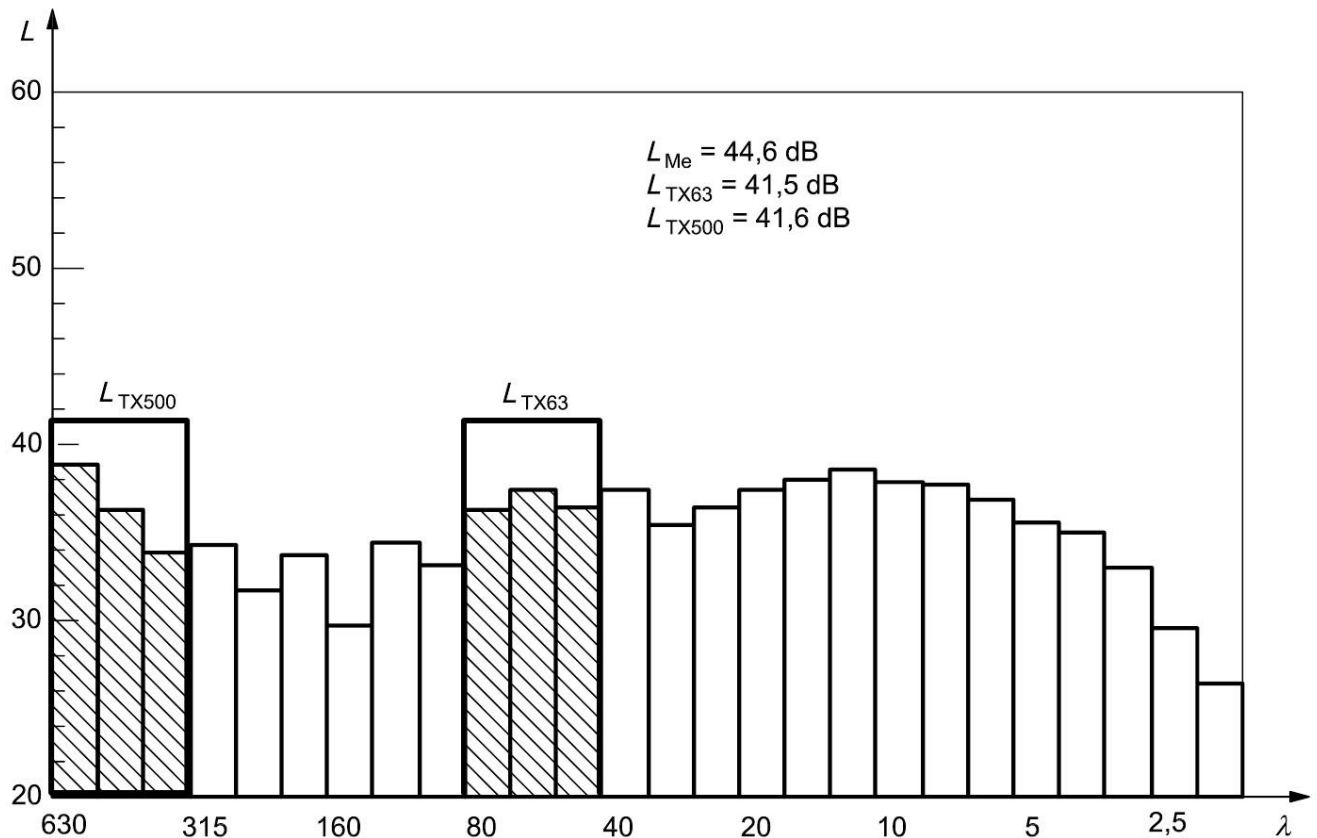
Діапазон мегашорсткості включає 10 третьоктавних смуг, середні просторові частоти, $f_{\text{пр,с}}$, які варіюються між $1,6 \text{ м}^{-1}$ (0,63 м) та 16 м^{-1} (0,063 м). Кожна з цих смуг має верхню межу, $F_{\text{в}}$, і нижню межу, $F_{\text{н}}$, що встановлюється таким співвідношенням:

$$F_{\text{в}}=10^{1/20} f_{\text{пр,с}} , \quad F_{\text{н}}=10^{-1/20} f_{\text{пр,с}} .$$

Значення середніх просторових частот в таблиці (9.1) отримано з використанням цих співвідношень.

У сфері вібрацій та акустичної інженерії прийнято розраховувати середню спектральну щільність потужності (СЩП) для кожної смуги, що призводить до того, що накопичена потужність ділиться на пропускну здатність (коли застосовується щодо шорсткості, результат повинен бути виражений у кубічних метрах). Однак, згідно з цією частиною ISO13473, рекомендується представляти потужність на третьоктавну смугу, а не на СЩП.

Приклад відповідного представлення спектру шорсткості показано на рисунку (А.3). Це середній спектр (на основі потужності) протягом всієї виміряної довжини випробувань. Треба мати на увазі, що замість представлення смуг можна використовувати лише точки на кожній середній довжині хвилі шорсткості та з'єднувати їх лініями. Зауважимо також, що абсциса йде від довгих довжин хвиль зліва до коротких довжин хвиль справа. Це тому, що спектр заснований на просторовій шкалі частот, аналогічно частотній шкалі у сфері вібрацій та акустичної інженерії. Також ця шкала використовується під час представлення спектрів в діапазоні нерівномірності дорожнього покриття.



Умовні позначки:

λ - довжина хвилі шорсткості, в міліметрах;

L - рівень профілю шорсткості в децибелах, відносно опорного значення 10^{-6} м ;

Рисунок А.3 – Приклад спектру шорсткості третьоктавної смуги із зазначенням також рівнів шорсткості октавних смуг, L_{TX500} та L_{TX63}

Примітка. Рівень кожної октавної смуги позначається рівнем верхньої лінії кожного прямокутника. Наведений спектр представляє дорожнє покриття з відносно низькою мегашорсткістю (щільний асфальтобетон з максимум 10 мм відколами в майже новому стані).

А.3 Приклад виміряних значень

У таблиці А.2 наведені типові приклади виміряних значень на різних дорожніх покриттях, виражених як L_{Me} [13]. Треба мати на увазі, що це лише приклади. Можуть бути великі відмінності у значеннях, виміряних на подібних поверхнях в інших місцях.

Таблиця А.2 — Типові приклади виміряних значень, виражені як L_{Me}

Тип покриття	Типове значення L_{Me} , дБ
Чиста смола (дослідна доріжка з епоксидним покриттям)	39
Щільний асфальтобетон 0/10	44
Дуже тонкий асфальтобетон 0/10	52
Поверхневий шар зносу 2/3	52
Поверхневий шар зносу 10/14 (старий та зношений)	54
Пористий асфальтобетон 0/14	56
Оголений крупний заповнювач на цементному бетоні (новий)	57
Поверхневий шар зносу на цементному бетоні	60
Поверхневий шар зносу 10/14 (новий стан)	63
Бруківка (стара брукована вулиця)	66

ДОДАТОК Б (інформаційний)

НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ

Б.1 Загальна інформація

Невизначеності в основному можуть бути виражені як стандартні невизначеності або розширені невизначеності. Таким чином, стандартні невизначеності виражаються як стандартні відхилення даного заходу близько до розрахункового середнього значення, тоді як розширена невизначеність розраховується шляхом множення стандартної невизначеності на коефіцієнт покриття, який, за умови нормального розподілу, приймається рівним 2 для покриття ймовірності 95 %.

У протоколі необхідно зазначити розширену невизначеність, а не стандартну, оскільки перша забезпечує кращу ймовірність покриття; тобто «безпечніша» для оцінки невизначеності.

Загальний вираз для розрахунку рівня мегашорсткості, L_{Me} , представлено рівнянням (Б.1):

$$L_{Me} = \overline{L_{Me}} + \delta_{одн} + \delta_{кал} + \delta_{проф}, \quad (Б.1)$$

де $\overline{L_{Me}}$ – очікуване (середнє) значення рівня смуги, отримане з 9.3;

$\delta_{одн}$, $\delta_{кал}$, $\delta_{проф}$ - невизначеності (див. Б.2).

Для будь-якого іншого рівня смуги, визначеного відповідно до цієї частини ISO13473, застосовується той самий принцип та рівняння, при цьому відповідно змінюється символ рівня смуги.

Примітка. Відсутність однорідності досліджуваного об'єкта та пов'язана з цим відсутність репрезентативності обраного зразка призводять до появи $\delta_{одн}$, в той час, як $\delta_{кал}$ та $\delta_{проф}$ виникають через недосконалості методики та обладнання.

Б.2 Внески у невизначеність вимірювання

Невизначеність результатів вимірювання мегашорсткості на основі профілів поверхні дорожнього покриття визначається внесками з основних джерел, що перелічено у Б.2.2 до Б.2.4.

Примітка 1. Очікуване значення всіх невизначеностей, δ , дорівнює нулю.

Примітка 2. Невизначеностями через викиди можна знехтувати в діапазоні мегашорсткості за умови дотримання вимог щодо коефіцієнта викидів.

Примітка 3. Внесок невизначеності спектрального аналізу, $\delta_{\text{спектр}}$, розглядаються в ISO/TS13473-4:2008, Додаток А і не є частиною невизначеності вимірювань. Тому це не відображається в цій частині ISO13473. Треба мати на увазі, що невизначеність вимірювань, про яку йдеться в цьому документі, є частиною невизначеності спектрального аналізу, якщо практикуючий фахівець використовує спектральний аналіз (див. ISO/TS13473-4:2008, додаток А).

Примітка 4. Для рівнів октавних та третьоктавних смуг, які вказують на використання спектрального аналізу, невизначеність має бути включена в аналіз, як описано в ISO/TS 13473-4:2008, Додаток А. Значення в цьому документі представляють лише невизначеності вимірювань.

Б.2.2 Невизначеність через калібрування

Це внесок у бюджет невизначеності через помилки калібрування, позначається як $\delta_{\text{кал}}$. Вона залежить від точності виготовлення калібрувальних поверхонь, а також невизначеності процедури калібрування; див. 8.2 та ISO13473-3, додаток А. Запропоноване значення 0,1 дБ для стандартної невизначеності передбачає досить високу якість поверхонь, але при цьому має прийнятний запас міцності.

Б.2.3 Невизначеність через неоднорідність поверхні

Виникає, якщо довжина випробування не вимірюється повністю (100 м) і позначається як $\delta_{\text{одн}}$. Оцінка профілю при менших довжинах випробувань вносить невизначеність до бюджету через те, що вимірювана довжина може не представляти повністю всю довжину. Її значення можна виміряти, записавши стандартне відхилення профілю, виміряного на декількох довжинах, наприклад 5 вимірювань довжиною 3 м кожне.

Примітка. Крім того, невизначеність у вимірюванні пояснюється бічною мінливістю мегашорсткості дорожнього покриття. Однак ця мінливість не розглядається в цьому документі.

Б.2.4 Невизначеність через профілометр

Цей тип невизначеності позначається як $\delta_{\text{проф}}$, містить два внески: $\delta_{\text{фш}}$ та $\delta_{\text{лін}}$.

Вплив фонового (електронного) шуму, $\delta_{\text{фш}}$, є максимальним під час вимірювання на дуже гладких мегашорсткостях, але стає нижчим під час вимірювання більш грубих мегашорсткостей.

У цій частині ISO13473 передбачається, що вплив вертикальної нелінійності профілометра, $\delta_{\text{лін}}$, приймає стандартне значення невизначеності 1 % (див. ISO13473-3), але точне значення для конкретного обладнання слід отримати від виробника.

Квадратний корінь суми квадратів двох внесків дає $\delta_{\text{проф}}$, як показано у рівнянні (Б.2):

$$\delta_{\text{проф}} = \sqrt{\delta_{\text{фш}}^2 + \delta_{\text{лін}}^2}. \quad (\text{Б.2})$$

Орієнтовний внесок об'єднаної невизначеності через фоновий шум та нелінійність у бюджет складає 0,25 дБ. Це значення передбачає дуже гладку мегашорсткість ($L_{\text{Ме}} = 43$ дБ до 48 дБ); більш високі значення зазвичай дають меншу невизначеність. Див. також ISO13473-3.

Крім нелінійності, вираженої як $\delta_{\text{лін}}$, що обумовлена датчиком профілометра, для певних профілометрів може бути інший тип нелінійності, що виникає через відображення вторинних світлових (лазерних) плям на сусідніх схилах кривої профілю. Якщо це відбудеться, то має бути включено у $\delta_{\text{лін}}$.

Б.2.5 Приклад бюджету невизначеності

У таблиці (Б.1) представлений «бюджет» стандартної невизначеності. Передбачається, що вимірювання проводяться із застосуванням цієї частини ISO13473, а також ISO 13473-3:2002, наприклад, таблиці (7). Значення в таблиці (Б.1) є прикладами, заснованими на досвіді ряду користувачів, які беруть участь у розробці цієї частини ISO13473, і не обов'язково дійсні для будь-якого іншого користувача.

Таблиця Б.1 — Приклад бюджету невизначеності (стандартна невизначеність) для L_{Me} , L_{TX63} та L_{TX500}

Величина	Оцінка дБ	Стандартна невизначеність u_i дБ	Розподіл ймовірностей	Коефіцієнт чутливості c_i	Внесок у невизначеність $c_i u_i$
$\delta_{одн}$	0	Має бути визначеним	нормальний	1	Має бути визначеним
$\delta_{кал}$	0	0,1	нормальний	1	0,1
$\delta_{проф}$	0	0,25	нормальний	1	0,25

Б.3 Об'єднана та розширена невизначеність

Джерела невизначеності в таблиці (Б.1) вважаються не корельованими. Тому розрахункова об'єднана стандартна невизначеність, $u_{об}$, представлена квадратним коренем суми квадратів окремих невизначеностей, наведених у таблиці (Б.1):

$$u_{об} = \sqrt{u_{одн}^2 + u_{кал}^2 + u_{проф}^2 + u_{спектр}^2}. \quad (Б.3)$$

Окремі стандартні невизначеності мають бути помножені на коефіцієнти чутливості перед піднесенням до квадрату. Однак у цьому випадку всі коефіцієнти чутливості вважаються рівними 1; тим самим спрощуючи рівняння. Розширена невизначеність, $U_{роз}$, для коефіцієнта покриття 2, що відповідає ймовірності покриття 95% відповідно до ISO/IEC NP Guide 98-3, наведена у рівнянні (Б.4):

$$U_{роз} = 2u_{об}. \quad (Б.4)$$

Розширена невизначеність для L_{Me} на основі об'єднаних стандартних невизначеностей, отриманих з таблиці Б.1, становить 0,5 дБ. Треба мати на увазі, що внесок $u_{одн}$ в цьому випадку не враховується, що справедливо у разі, коли вимірюється повна довжина випробування. Навіть у разі вимірювання мінімальної довжини ця невизначеність має дуже малий вплив на $u_{об}$ для поверхонь у «нормальному стані», але може бути значною для дуже неоднорідних поверхонь.

У таблиці (Б.2) представлені розширені невизначеності на основі фактичного експерименту перевірки [13], проведеного однією з організацій, що беруть участь у розробці цієї частини ISO13473. Ці невизначеності включають внесок від $u_{\text{одн}}$, а також невизначеності спектрального аналізу. Однак слід зазначити, що $u_{\text{одн}}$ може змінюватися в широкому діапазоні залежно від типу поверхні та величини довжин, що вимірюються.

Таблиця Б.2 — Розширена невизначеність (ймовірність покриття приймається 95 %) на основі фактичного експерименту [13]

	L_{Me}	L_{TX63}	L_{TX500}	Рівні третьоктавної смуги
Розширена невизначеність, дБ	0,8	0,9	1,2	

Примітка. Отримана таким чином розширена невизначеність така ж, як 95 % довірчий інтервал (односторонній), за умови, що значення нормально розподілені. Детальні пояснення див. ISO/IEC NP Guide 98-3. Для стислої інформації див. ISO 16063-1:1998, додаток А.

Дослідникам рекомендується визначати власні значення невизначеностей, спираючись на спеціальні виміри та досвід використання пристрою, який застосовується. Однак у випадках, коли ці дані недоступні, значення, наведені в таблиці Б.2, можуть бути використані для тимчасового керівництва.

Нижченаведені поради щодо проведення досліджень невизначеності можуть бути корисними: значення вищезгаданих стандартних невизначеностей (для кожного типу) рекомендується оцінювати за фактичними значеннями параметрів та умовами, що застосовуються до конкретного випадку вимірювання та аналізу. Ця оцінка може бути виконана шляхом проведення порівняльних вимірювань та аналізу репрезентативних або типових ділянок дорожнього покриття для різних значень одного з параметрів, що впливає на невизначеність, в той час як всі інші параметри залишаються незмінними.

ДОДАТОК В
(інформаційний)

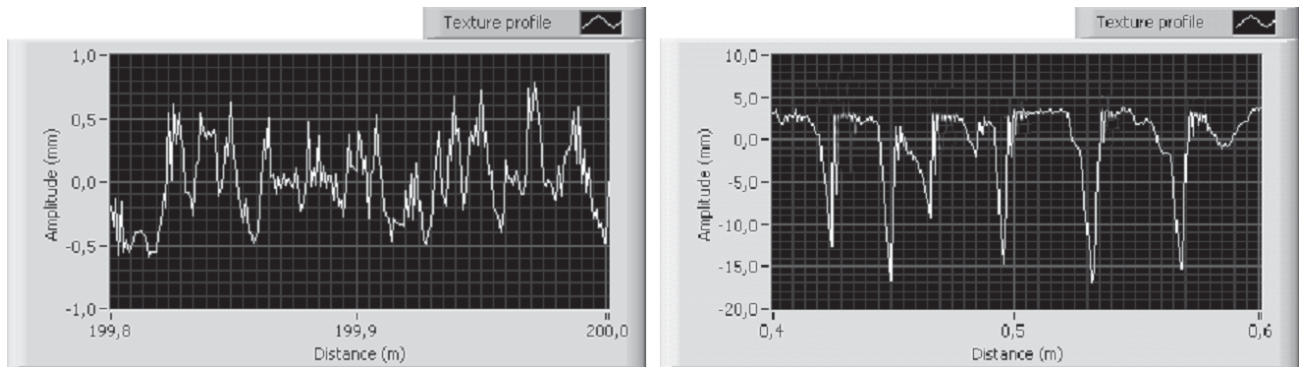
ПРОБЛЕМИ АСИМЕТРІЇ ПРОФІЛЮ

Спектральний аналіз, що використовується у цій частині ISO13473, в статистичному сенсі аналізу другого моменту не може виявити всі відповідні характеристики профілю поверхні дорожнього покриття. Математичні операції, пов'язані з дискретним перетворенням Фур'є і визначенням СЩП, не враховують будь-яку асиметрію сигналу, що аналізується.

Тому користувач цього методу повинен знати, що деяка відповідна інформація, що міститься у профілі, може бути втрачена в процесі спектрального аналізу. Зокрема, можлива асиметрія профілю, в результаті якої «позитивна» чи «негативна» шорсткість не будуть відображені в результатах аналізу. Для виявлення цього аспекту профілю потрібен аналіз асиметрії, тобто третього статистичного моменту кількості.

Проте, «позитивна» шорсткість (демонструє виліти) може значно відрізнятися поведінкою щодо функціональних характеристик, таких як опір ковзанню або генерація шуму, ніж негативна шорсткість (демонструє провали). Це в основному мало б місце в діапазоні макрошорсткості, та меншою мірою в діапазоні мегашорсткості. Крім того, в діапазоні мегашорсткості було б кілька прикладів позитивної чи негативної шорсткостей, які можуть мати певний вплив. Див. рисунок В.1.

Хоча метод спектрального аналізу має ці недоліки, він вважається досить актуальним для характеристики дорожнього покриття і тому розроблений у цій частині ISO13473 з метою стандартизації методу та поліпшення одноманітності визначення характеристик дорожнього покриття.



Умовні позначки:

- а) позитивна макрошорсткість;
- б) негативна макрошорсткість.

Рисунок В.1 – Приклади профілів поверхні

Можливі методи вирішення проблеми асиметрії розглядаються і, ймовірно, будуть досліджені одразу після публікації цієї частини ISO13473. Такими методами можуть бути:

- а) застосування вагового коефіцієнта до спектральних значень, що пропорційно відношенню середньої глибини профілю до середньоквадратичного значення профілю - значення цього коефіцієнта має бути досить добре корельовано із асиметрією або асиметрією профілю;
- б) розробка методу спектрального аналізу по третьому моменту профілю (асиметрія) замість необробленого профілю;
- в) застосування функції обгортання шини по виступах профілю перед спектральним аналізом – наслідком такого підходу буде те, що поведінку шини, що обгортається, має бути визначено та стандартизовано.

На момент публікації цієї частини ISO13473 слід зробити висновок, що жодне рішення для більш повного спектрального опису профілів дорожнього покриття не готове до стандартизації. Якщо метод стане доступним протягом наступних кількох років, ISO/TS13473-4 може бути відповідним документом для включення такого методу.

БІБЛІОГРАФІЯ

1 ISO 8 608, Mechanical vibration — Road surface profiles — Reporting of measured data

2 ISO 1 0844:1994, Acoustics — Specification of test tracks for the purpose of measuring noise emitted by road vehicles

3 ISO 1 6063-1:1998, Methods for the calibration of vibration and shock transducers — Part 1: Basic concepts

4 ASTM E 950-98:2004, Standard test method for measuring the longitudinal profile of traveled surfaces with an accelerometer established inertial profiling reference

5 EN 1 3036-1, Road and airfield surface characteristics — Test methods — Part 1: Measurement of pavement surface macrotexture depth using a volumetric patch technique

6 EN 1 3036-5, Road and airfield surface characteristics — Test methods — Part 5: Determination of longitudinal unevenness indices

7 SANDBERG, U., DESCORNET, G. Road surface influence on tire/road noise: Part I; Road surface influence on tire/road noise: Part II. In: Proceedings of Inter-Noise 80: Noise control for the 80s — 9th International Conference on Noise Control Engineering, pp. 259-272. Noise Control Foundation, New York, NY, 1980

8 WAMBOLD, J.C., ANTLE, C.E., HENRY, J.J., RADO, Z., editors. International PIARC experiment to compare and harmonize texture and skid resistance measurement. Permanent International Association of Road Congresses (PIARC), Paris, 1995, 346 pp. Available (2008-07-18) at: http://publications.piarc.org/ressources/publications_files/2/984,01-04-T.PDF

9 CHAVET, J. et al. Optimization of surface characteristics. Paper presented at: 18th World Road Congress, Brussels, 1987-09-13/19. PIARC, Paris. (Surface Characteristics Technical Committee Report, No. 1)

10 GOUBERT, L. Influence of invalid readings in road texture profiles measured with optical profilometers on the calculation of the Mean Profile Depth and the third octave texture spectrum. Paper presented at: 5th International Symposium on Pavement Surface Characteristics of Roads and Airfields (SURF 2004), 2004-06-06/10, Toronto, ON

11 GOTHИЙ, M., COLOMBRITA, R., MOLITEO, G. Macrottexture measurement with many methods and devices; single irregularities influence on megatexture indicators. Paper presented at: 5th International Symposium on Pavement Surface Characteristics of Roads and Airfields (SURF 2004), 2004-06-06/10, Toronto, ON

12 GOTHИЙ, M. Dѣtermination d'indicateurs de мѣgatexture par l'analyse d'un profil de surface relevѣ par un capteur sans contact [Megatexture indicators obtained by the analysis of a pavement surface profile measured with a non-contact sensor]. In: Proceedings of the 4th International Symposium on Pavement Surface Characteristics of Roads and Airfields (SURF 2000), pp. 123-142. PIARC, La Dѣfense, 2000

13 CEREZO, V., GORAND, J.-L., GOTHИЙ, M. Fiabilitѣ des mesures de мѣgatexture et correction entre le spectre de texture et le spectre de bruit [Reliability of megatexture measurements and correction between the texture and noise spectra] [Report]. Laboratoire Central de Ponts et Chaussѣes, Lyon, 2006-01

Код згідно ДК 004 93.080.10

Ключові слова: автомобільна дорога, визначення показників нерівності, вимірювальне обладнання, дорожнє покриття, дорожній одяг, оцінювання нерівностей.