



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**ДСТУ ISO 13473-3:2020
(ISO 13473-3:2002(E), IDT)**

**ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ШОРСТКОСТІ ЗА
ДОПОМОГОЮ ПРОФІЛІВ ПОКРИТТЯ**

Частина 3

Специфікація та класифікація профілометрів

(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 13473-3 Characterization of pavement texture by use of surface profiles — Part 3: Specification and classification of profilometers (Визначення характеристик шорсткості за допомогою профілів покриття — Частина 3: Специфікація та класифікація профілометрів)
- 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 Загальні класи профілометрів для вимірювання шорсткості..	2
5 Види вимірювань	5
6 Вимоги щодо робочих характеристик	6
7 Калібрування	17
8 Представлення інформації щодо технічних характеристик....	17
Додаток А. Поверхні калібрування	19
Бібліографія	21

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей національний стандарт ДСТУ ISO 13473-3:2020 «Визначення характеристик шорсткості за допомогою профілів покриття — Частина 3: Специфікація та класифікація профілометрів» прийнятий методом перекладу, ідентичний щодо ISO 13473-3 Characterization of pavement texture by use of surface profiles — Part 3: Specification and classification of profilometers.

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 13473-3:2002 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 3. СПЕЦИФІКАЦІЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ПРОФІЛОМЕТРІВ

Characterization of pavement texture by use of surface profiles — Part 3:
Specification and classification of profilometers

Чинний від 202X-XX-XX

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Ця частина ISO 13473 визначає вимоги щодо профілометрів, які використовуються у дорожній галузі для забезпечення достовірних і точних вимірювань характеристик мікро-, макро- та мегашорсткості покриття доріг та аеродромів. Також включено схеми класифікації таких профілометрів щодо їх використання та загальної точності. Профілометри можуть бути будь-якого експлуатаційного типу.

Обсяг цієї частини ISO 13473 не включає аналіз профілів поверхонь, що оброблені. Аналіз профілю нерівномірності дороги також виключено зі сфери застосування.

Примітка 1. Аналіз профілю поверхонь, що оброблені, розглядається в інших стандартах, наприклад, ISO 3274, ISO 4287, ISO 4288, ISO 5436-1, ISO 5436-2 та ISO 12085.

Примітка 2. Аналіз профілю нерівномірності дороги розглядається в ISO 8608.

Примітка 3. У цій частині ISO 13473 термін «дорожнє покриття» означає «асфальтоване покриття дороги або аеродрому».

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

Наступні нормативні документи містять положення, які, через посилання у цьому тексті, становлять положення цієї частини ISO 13473. Для датованих посилань наступні поправки або редакції цих публікацій не застосовуються. Однак, сторони угоди, що укладається на базі цієї частини ISO 13473, мають дослідити можливість застосування останніх редакцій

нормативних документів, зазначених нижче. Для недатованих посилань застосовується остання редакція зазначеного нормативного документа (включаючи поправки). Члени ISO та IEC ведуть реєстри поточних чинних Міжнародних стандартів.

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

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Для цілей цієї частини ISO 13473 застосовуються терміни та визначення, які наведено в ISO 13473-2.

4 ЗАГАЛЬНІ КЛАСИ ПРОФІЛОМЕТРІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ШОРСТКОСТІ

4.1 Мобільність

Класи профілометрів щодо мобільності (див. також таблицю (4.1)).

а) Мобільний, висока швидкість: Профілометри цього класу встановлюються на транспортний засіб і застосовуються зі швидкістю руху 60 км/год. і більше. Такі профілометри зазвичай не порушують режим руху.

б) Мобільний, низька швидкість: Профілометри цього класу встановлені на транспортному засобі та використовуються зі швидкістю руху менше 60 км/год. Хоча такі профілометри є справді мобільними, але на швидкісних дорогах вони нерідко створюють незручності для інших учасників руху.

в) Стаціонарні, швидкі: Профілометри цього класу розміщують на дорожньому покритті щоразу, коли проводиться вимірювання, але вони здатні рухатися досить швидко, щоб не було потреби закривати ділянку дороги на короткий час. Прикладом є профілометр, встановлений на причепі або іншому транспортному засобі, який необхідно зупинити під час вимірювання, але який через кілька секунд може перейти до наступного місця вимірювання. Інший приклад - профілометр, що працює зі швидкістю пішохода.

г) Стационарні, повільні: Профілометри цього класу розміщують на дорожньому покритті щоразу, коли проводиться вимірювання, але вони працюють настільки повільно, що ділянка дороги має бути закрита для іншого руху.

Таблиця 4.1 — Класи профілометрів щодо мобільності

	Швидкі	Повільні
Мобільні	робоча швидкість: ≥ 60 км/год.	робоча швидкість: <60 км/год.
Стационарні	час на смугу руху на одне вимірювання: <1 хв.	час на смугу руху на одне вимірювання: ≥ 1 хв.

4.2 Діапазон довжини хвилі шорсткості

Класи профілометрів залежно від класів діапазону довжин хвиль наведено в Таблиці 2. Довжина хвилі вимірюється як середня довжина хвилі третьоктавної смуги і характеристики повинні стосуватися всього діапазону, про який йдеться.

Таблиця 4.2 — Класи відповідно до діапазону довжини хвилі шорсткості

Значення в міліметрах

	Клас діапазону довжини хвилі					
	A	B	C	D	E	F
Діапазон довжини хвилі шорсткості, що охоплюється	0,05 - 0,16	0,20 - 0,50	0,63 - 2,0	2,5 - 50	63 - 200	250 - 500
Третьоктавні смуги, що охоплюються (середні довжини хвиль)	0,05; 0,063; 0,08; 0,10; 0,125; 0,16	0,20; 0,25; 0,315; 0,40; 0,50	0,63; 0,80; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0	2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50	63; 80; 100; 125; 160; 200	250; 315; 400; 500

Примітка 1. Якщо, наприклад, профілометр охоплює діапазон від 0,3 мм до 100 мм, класифікація діапазону записується як клас діапазону довжини хвилі CD; якщо він охоплює діапазон від 0,2 мм до 500 мм, то це клас BF діапазону довжини хвилі.

4.3 Контакт з дорожнім покриттям

Профілометри можуть бути двох типів залежно від того, чи датчик контактує з покриттям.

а) Контактні пристрої: Датчик здійснює контакт з вимірюваною поверхнею.

б) Безконтактні пристрої: Датчик не контактує з вимірюваною поверхнею.

4.4 Принцип роботи

Профілометри можуть базуватися на різних принципах роботи, в основному це стосується типу датчика. Нижче наведений перелік може бути не повним, але він визначає бажані умови для найбільш поширених принципів, що використовуються в цей час.

а) Лазерний профілометр: Пристрій, що використовує електрооптичний датчик, в якому лазерний промінь відбивається від дорожнього покриття, пляма якого проеціюється через оптичні лінзи на напівпровідниковий перетворювач, чутливий до положення. Датчик переміщується вздовж вимірюваної поверхні, що призводить до отримання електричного вихідного сигналу пропорційного висоті (вертикальна проекція) лазерної плями на поверхні як функції відстані.

б) Профілометр на базі датчика секціонування світла: Пристрій, що використовує вузький або розширений промінь світла, створюючи на дорожньому покритті тонку лінію або інтенсивно освітлену смугу з різко освітленими краями. Тривалість світлових імпульсів може бути короткою або світло може бути безперервним. Відеокамера спостерігає за цією лінією світла або кромкою світла під кутом по відношенню до світлового променю. На виході x-у датчика камери профіль відрізняється як перехід між світлими краями та фоном. Цей пристрій не слід переміщувати під час відбору зразка профілю, тому що слід профілю буде розмитим.

в) Профілометр на базі стилуса: Пристрій, який використовує стилус (голку), що торкається дорожнього покриття і механічно з'єднаний з перетворювачем переміщення. Останній може мати багато різних принципів роботи, але лінійні потенціометри або лінійні змінні диференційні трансформатори (LVDT) є найбільш поширеними. Датчик переміщується або крокує вздовж вимірюваної поверхні, що призводить до

отримання електричного вихідного сигналу пропорційного висоті (вертикальна проекція) контактної плями на поверхні як функції відстані.

г) Ультразвуковий профілометр: Пристрій, що використовує електроакустичний датчик, в якому промінь ультразвукового сигналу передається на дорожнє покриття і відбивається від нього. Мікрофон приймає відбитий сигнал, а час між переданим та отриманим ультразвуком розраховується та перетворюється на відповідну відстань. Датчик переміщується вздовж вимірюваної поверхні, що призводить до отримання електричного вихідного сигналу пропорційного висоті (вертикальна проекція) місця впливу ультразвуку на поверхні, як функції відстані.

5 ВИДИ ВИМІРЮВАНЬ

Приклади найбільш поширених видів вимірювань та аналізів, які виконуються за допомогою профілометрів, наведено нижче.

а) Загальний запис кривих профілю: Виконується з метою простої ілюстрації або якісної оцінки шорсткості.

б) Вимірювання середньої глибини профілю (СГП): Метод вимірювання СГП описано в ISO 13473-1. СГП використовується для оцінки характеристик градієнта швидкості опору ковзанню [1].

в) Вимірювання розподілу амплітуди профілю: див. ISO 13473-2 для визначення.

г) Інші вимірювання, що пов'язані з амплітудою, залежно від кривих профілю: Деякі профілометри надають середньоквадратичне вихідне значення. Можливо також представлення коефіцієнта асиметрії та ексцесу. Визначення див. у ISO 13473-2.

д) Вимірювання спектру шорсткості: Криві профілю часто аналізуються з точки зору їх спектрального складу; найчастіше це виражається у вигляді спектру шорсткості октавної або третьоктавної смуги. Визначення див. у ISO 13473-2.

Ця частина ISO 13473 не визначає умови вимірювання за допомогою профілометрів в особливих випадках. Однак, наведений вище перелік дає

деякі вказівки для подальшого вивчення. Зокрема, ISO 13473-2 визначає та узгоджує терміни та заходи, які корисні в дорожній галузі.

6 ВИМОГИ ДО РОБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК

6.1 Загальні

Застосовується система профілометрів, яка видає електричний сигнал, пропорційний відстані між базовою плоскістю датчика та відповідною плямою на поверхні. Датчик може бути механічним, акустичним, електрооптичним або це може бути відеокамера. 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.

6.2 Вертикальний діапазон вимірювання

Можливість системи вимірювати вертикальне переміщення (також профіль і вертикальний рух датчика) має відповідати мінімальним вимогам, що наведено у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 — Мінімальний вертикальний діапазон вимірювання

Значення в міліметрах

	Клас діапазону довжини хвилі			
	A	B	C	D, E та F
Діапазон довжини хвилі шорсткості, що охоплюється	0,05 - 0,16	0,20 - 0,50	0,63 - 2,0	2,5 - 500
Мобільний, висока швидкість	не застосовується	не застосовується	50	60
Мобільний, низька швидкість	не застосовується	40	50	60
Стаціонарний, швидкий	не застосовується	20	20	20
Стаціонарний, повільний	10	10	10	20
Вказівка N.A. (не застосовується) означає, що під час публікації цієї частини ISO 13473 немає пристроїв, які б належним чином відповідали таким вимогам.				

Примітка. Вимоги, наведені в таблиці (6.1), є компромісом, що намагається задовольнити суперечливі вимоги щодо вертикальної роздільної здатності та ризику проведення вимірювань поза межами діапазону. Очікується, що вони задовольнять більшість потреб щодо вимірювання шорсткості на дорожньому покритті, яке зазвичай використовується на вулицях, дорогах та аеродромах. Проте, одна і незвично велика нерівність може все-таки вивести датчик за межі допустимого діапазону, що може бути прийнятним, якщо це не відбувається занадто часто (6.13). Однак у випадках, коли має місце незвично висока нерівномірність або мегашорсткість, можуть знадобитися більш широкі діапазони.

Якщо система має функцію, що відслідковує дальність, тобто носій датчика переміщається за допомогою приводного механізму, щоб приблизно слідувати більшим довжинам хвилі профілю, вимоги щодо датчика мобільних систем можуть бути послаблені, щоб бути такими ж, як і для стаціонарних пристроїв.

6.3 Довжина горизонтальної оцінки

Довжина горизонтальної оцінки має відповідати мінімальним вимогам, які наведено у таблиці 6.2. Протягом «довжини оцінки» профіль слід постійно вимірювати (викиди приймаються відповідно до 6.13).

Таблиця 6.2 — Мінімальна «безперервна» горизонтальна оцінка

Значення в міліметрах

	Клас діапазону довжини хвилі					
	A	B	C	D	E	F
Діапазон довжини хвилі шорсткості, що охоплюється	0,05 - 0,16	0,20 - 0,50	0,63 - 2,0	2,5 - 50	63 - 200	250 - 500
Мобільний, висока швидкість	не застосовується	не застосовується	20	200	1 000	2 000
Мобільний, низька швидкість	не застосовується	5	20	200	1 000	2 000
Стаціонарний, швидкий	не застосовується	5	20	200	500	1 000
Стаціонарний, повільний	5	5	20	200	500	1 000
Треба мати на увазі, що для отримання відповідної статистичної репрезентативності може знадобитися кілька таких довжин оцінки. Вказівка N.A. (не застосовується) означає, що під час публікації цієї частини ISO 13473 немає пристроїв, які б належним чином відповідали таким вимогам.						

Крім того, на відстані до максимальної довжини хвилі рівень базової плоскості або лінії профілометра не повинен суттєво змінюватися. Цей ефект має бути включений до вимог щодо фонового шуму. Наприклад,

якщо транспортний засіб перевозить датчик, то він не повинен змінювати своє вертикальне положення на цій відстані.

Примітка 1. Вимоги, які наведено в таблиці 4, є компромісом між практичністю та точністю.

Примітка 2. Вимоги Одним із способів уникнути проблеми вертикального руху транспортного засобу є використання так званого "акселерометра, який встановлено в інерційному режимі профілювання", що забезпечується шляхом встановлення системи акселерометра до кузова транспортного засобу та інтеграції двократного прискорення для отримання переміщення кузова транспортного засобу [2].

Примітка 3. На момент публікації цієї частини ISO 13473 ведеться робота з розробки Технічного регламенту, що детально описує процедури спектрального аналізу. У цій роботі розглядається підвищення вимоги щодо довжини оцінки для класу F для мобільних пристроїв від 2 м до 3 м.

6.4 Вертикальна роздільна здатність

Датчики профілометрів в системах, що тільки вимірюють і представляють криві профілю, і ті, що надають лише загальні значення, такі як СГП і РГШ (як в ISO 13473-1), повинні мати вертикальну роздільну здатність 0,05 мм або вище. Якщо, однак, детальні частини профілів підлягають аналізу за допомогою масштабування або подібних методик, вертикальна роздільна здатність має відповідати мінімальним вимогам у таблиці (6.3).

Таблиця 6.3 — Мінімальна вертикальна роздільна здатність

Значення в міліметрах

	Клас діапазону довжини хвилі					
	A	B	C	D	E	F
Діапазон довжини хвилі шорсткості, що охоплюється	0,05 - 0,16	0,20 - 0,50	0,63 - 2,0	2,5 - 50	63 - 200	250 - 500
Мінімальна вертикальна роздільна здатність	0,001	0,003	0,01	0,03	0,04	0,05
Примітка. Для систем профілометрів, які використовують цифровий профіль, роздільна здатність часто (але не обов'язково) дорівнює кількості, представленій найменш значущим бітом (LSB).						

Для профілометрів, що використовуються для аналізу спектра шорсткості, вертикальна роздільна здатність має відповідати мінімальним вимогам у таблиці (6.3).

6.5 Нелінійність

Вертикальна нелінійність після остаточної обробки сигналу повинна бути не більше 2 % від діапазону для класів D, E і F діапазону довжини хвилі 5 % для класів B і C. Характеристика для класу A ще не визначена.

6.6 Горизонтальна роздільна здатність

Горизонтальна роздільна здатність Δx має відповідати вимогам у таблиці 6.4 по всьому вертикальному діапазону вимірювання. Горизонтальна роздільна здатність визначається на практиці такими характеристиками відповідно до типу пристрою.

а) У випадку безконтактного пристрою, що використовує лазерний або інший електрооптичний принцип роботи або датчик на базі на передачі звуку, пляма випромінювання повинна бути такою, щоб її середній діаметр на дорожньому покритті не перевищував Δx . У цьому випадку оптимальною буде пляма, яка міститься в області, що обмежена контурною лінією, де інтенсивність плями становить $1/e$ (приблизно 37 %)¹⁾ максимальної інтенсивності в межах плями.

б) У випадку, коли використовується пристрій секціонування світла, смуга світла або лінія, що проєціюються, повинні бути досить гострими для забезпечення переходу світлого/темного кольору в межах Δx . У цьому випадку оптимальна ширина лінії приймається такою, де інтенсивність лінії зменшилася зі 100 % до $1/e$ (приблизно 37 %) максимальної інтенсивності в межах лінії.

в) У випадку, коли використовується контактний пристрій (наприклад, з використанням датчика зі стилусом), наконечник контактної частини має бути таким, щоб найширший розмір мав діаметр не більше Δx до Δx_u висоту від наконечника.

Примітка 1. В ідеалі горизонтальна роздільна здатність має вимірюватися як здатність відтворювати невеликі об'єкти або зміни по горизонталі. Однак поки що неможливо визначити такий метод, який є технічно і практично прийнятним. Тим часом, вищезазначені процедури можуть бути використані для оцінки роздільної здатності. Для безконтактних пристроїв розмір плями або ширина лінії є достатніми показниками горизонтальної роздільної здатності, але просторові властивості детектора однаково важливі. Використовуючи пристрої, що доступні на момент розробки цієї частини ISO13473, маємо, що розмір плями та ширина лінії є основними визначальними факторами горизонтальної роздільної здатності, отже, вони можуть використовуватися, як зазначено вище.

Примітка 2. . Форма наконечника стилуса може впливати на реакцію у разі надзвичайно коротких довжин хвилі. Розподіл інтенсивності в межах плями лазерних профілометрів, що використовуються на момент розробки цієї частини ISO 13473, приблизно Гауссовий. Щоб нагадувати таку пляму, кінчик стилуса повинен бути закругленим.

Таблиця 6.4 — Мінімальні значення, що застосовуються до горизонтальної роздільної здатності, Δx , та інтервал вибірки

Значення в міліметрах

	Клас діапазону довжини хвилі					
	A	B	C	D	E	F
Діапазон довжини хвилі шорсткості, що охоплюється	0,05 - 0,16	0,20 - 0,50	0,63 - 2,0	2,5 - 50	63 - 200	250 - 500
Мінімальна горизонтальна роздільна здатність, Δx інтервал вибірки	0,02	0,05	0,2	1	20	50

6.7 Інтервал вибірки

Інтервал вибірки не повинен перевищувати значень, які наведено у таблиці (6.4).

Якщо профіль використовується для аналізу спектру, інтервал вибірки не повинен перевищувати роздільну здатність для уникнення потенційних проблем з просторовим згладжуванням. Для інших цілей інтервал вибірки може бути більшим ніж роздільна здатність, за умови, що він відповідає вимогам у таблиці (6.4).

Якщо профіль використовується для аналізу спектру, коливання інтервалу вибірки не повинні бути більше ніж $\pm 10\%$ за умови використання октавної або третьоктавної смуги і не більше $\pm 3\%$ за умови використання смуг однієї дванадцятої октави.

Для більшості систем профілометрів інтервал вибірки визначається постійною тимчасовою частотою. У таких випадках важливо зауважити, що вимоги щодо інтервалу вибірки передбачають відповідні вимоги щодо підтримки постійної швидкості вимірювання (6.9). Альтернативно, інтервал вибірки може визначатися за допомогою пристрою зондування дальності, в цьому випадку швидкість вимірювання не має прямого відношення до інтервалу вибірки.

6.9 Швидкість вимірювання

Швидкість, з якою простежується профіль, має бути такою, щоб було дотримано вимоги щодо вибірки та діапазону частот. Наприклад, у випадках, коли інтервал вибірки базується на постійній time частоті, це означає, що швидкість вимірювання повинна підтримуватися постійною, щоб відповідати вимогам щодо коливання інтервалу вибірки відповідно до 6.7. Це стосується як стаціонарних, так і мобільних профілометрів. Однак слід зазначити, що швидкість може впливати на шкалу частот для будь-якого спектрального аналізу. Відношення є таким:

$$f = v\lambda^{-1} \quad (6.1)$$

де f - (час)частота на шкалі аналізатора спектру (Гц);

v - швидкість профілометра (м/с);

λ - довжина хвилі шорсткості (м).

Щоб уникнути будь-якого такого впливу швидкості, рекомендується синхронізувати швидкість вибірки з вимірювальною швидкістю.

У деяких пристроях швидкість може впливати на фоновий шум, оскільки останній може бути вищими на більш високих частотах. Крім того, залежно від того, як відбувається вибірка та чи є фільтрація з низькою

частотою, швидкість може впливати на верхню та нижню межі довжини хвилі.

6.10 Вирівнювання датчика та локальне обмеження уклону

Датчик повинен мати змогу рухатися над профілем з локальним кутом нахилу (як визначено в 3.6.15 ISO 13473-2: 2002) 40° і більше. Цього можна досягти, якщо будуть виконані такі вимоги.

а) Для контактних пристроїв (профілометри зі стилусом): Вісь, поздовжньо крізь стилус, повинна знаходитись під кутом не більше 30° до нормалі поверхні.

б) Для безконтактних пристроїв: Кут α між оптичною або акустичною віссю випромінювання у напрямку до поверхні та оптичною чи акустичною віссю детектора (відбите випромінювання) має бути не більше 30° (див. рис. 6.1).

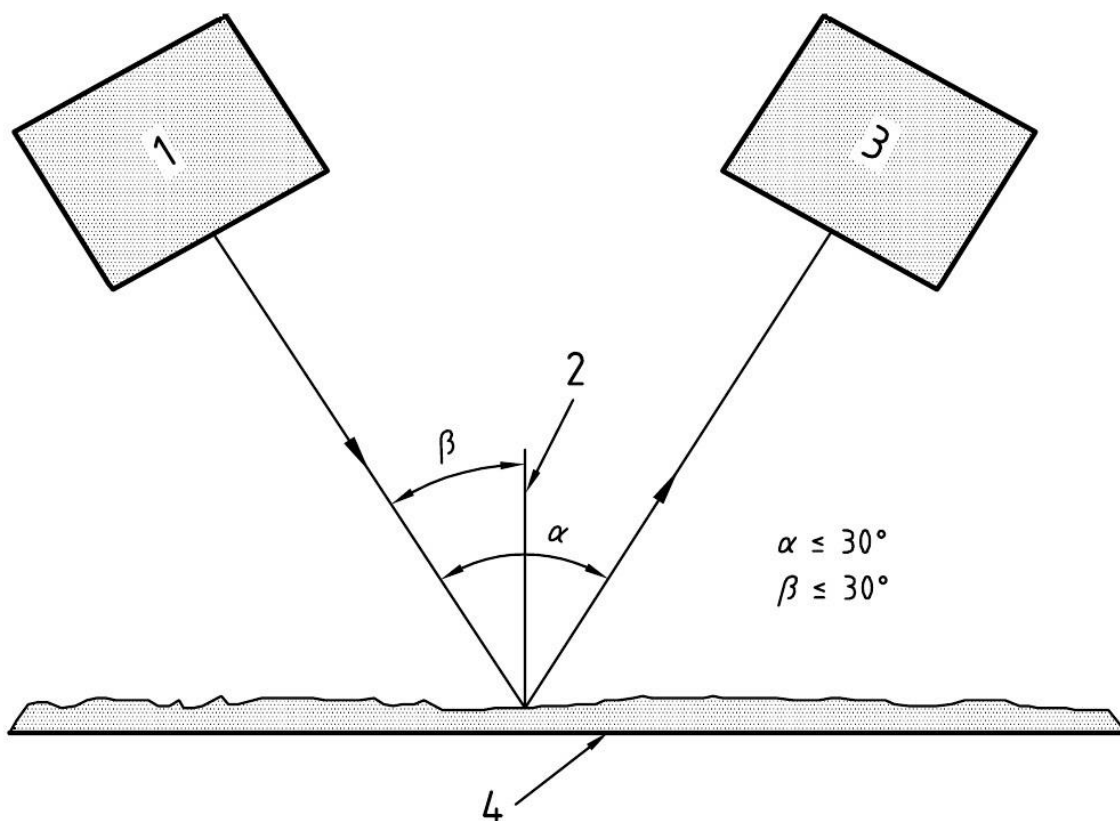
в) Для безконтактних пристроїв: Та ж вимога, що і в б), стосується кута β , який є кутом між нормаллю до поверхні та оптичною чи акустичною віссю випромінювання у напрямку до поверхні (див. Рисунок 6.1). Більший кут призведе до заниження дуже глибокої шорсткості.

Примітка. Вирівнювання оптичної площини деяких пристроїв є поперечним до напрямку вимірювання, в той час як інші мають поздовжнє вирівнювання. Завдяки цьому можна отримати різні результати для різних вимірювань на ізотропних поверхнях. Вирівнювання має бути адаптоване до конкретного пристрою та застосування.

6.11 Діапазон довжини хвилі шорсткості датчика та системи запису

Частотна характеристика всієї системи вимірювання та збору даних повинна знаходитися в межах ± 1 дБ від зазначеного діапазону довжини хвилі шорсткості, який наведено в таблиці (4.2).

Примітка. Характеристику можна перевірити, використовуючи оброблені поверхні як вхідні значення для моделювання шорсткості із відомими профілями. Для мобільних пристроїв такі поверхні (диски або барабани) можна обертати під чутливим пристроєм, який потім є нерухомим.



Умовні позначки:

- 1 - радіаційно-випромінювальний пристрій;
- 2 - нормаль до поверхні;
- 3 - радіаційно-приймальний пристрій;
- 4 - поверхня дороги.

Рисунок 6.1 – Вимоги щодо вирівнювання безконтактних датчиків

6.11 Діапазон довжини хвилі шорсткості датчика та системи запису

Частотна характеристика всієї системи вимірювання та збору даних повинна знаходитися в межах ± 1 дБ від зазначеного діапазону довжини хвилі шорсткості, який наведено в таблиці (4.2).

Примітка. Характеристики можна перевірити, використовуючи оброблені поверхні як вхідні значення для моделювання шорсткості із відомими профілями. Для мобільних пристроїв такі поверхні (диски або барабани) можна обертати під чутливим пристроєм, який потім є нерухомим

6.12 Вказівка щодо недійсних показань

В електрооптичних системах недійсні показання можуть відбуватися через особливі фотометричні властивості поверхні або затінення світла в глибоких жолобах профілю. Крім того, лазерні діоди з часом псуються, що з плином часу може призвести до надмірних невірних показань. З цієї

причини рекомендується використовувати засоби перевірки інтенсивності лазера через певні інтервали часу, наприклад, як частина процесу калібрування.

Якщо сигнал від профілометра стає значно нижчим або вищим, ніж справжній профіль через неправильні показання, обладнання має ідентифікувати всі такі потенційно недійсні показання в спеціальному «недійсному» вихідному сигналі, який може використовуватися для корекції таких показань.

Недійсний сигнал повинен відповідати тим самим мінімальним вимогам щодо діапазону частот та вибірки, що й профільний сигнал (6.7 та 6.11).

Система профілометрів має забезпечити, щоб недійсні показання не впливали суттєво на результати вимірювань. Наприклад, коли сигнал стає недійсним, він може утримуватися на попередньому правильному рівні або може виконуватися лінійна інтерполяція між попереднім та наступним правильним рівнями. Процедура лінійної інтерполяції є кращою.

6.13 Коефіцієнт викидів

Вимірювання на конкретному дорожньому покритті вважаються дійсними лише в тому випадку, якщо коефіцієнт викидів для відповідної довжини оцінки становить не більше 5 %, якщо не використовується лінійна інтерполяція між недійсними значеннями, або 10 %, якщо використовується лінійна інтерполяція.

6.14 Фоновий шум

Фоновий шум не повинен перевищувати значень, наведених у таблиці 6.5, коли час усереднення дорівнює нормальному часу усереднення для вимірювання профілю. Таблиця стосується статичного фонового шуму (ISO 13473-2). Якщо можливо перевірити динамічний фоновий шум (наприклад, за допомогою ідеальної, з надзвичайно гладкою шорсткістю поверхні з «нормальними» коливаннями відбивної здатності), ця вимога поширюється також і на такий шум.

Таблиця 6.5 — Максимальний фоновий шум, виражений як відповідний профіль шорсткості (середньоквадратичне значення) і рівень профілю шорсткості відносно 10^{-6} м

		Клас діапазону довжини хвилі					
		A	B	C	D	E	F
Діапазон довжини хвилі шорсткості, що охоплюється ^a		0,05 мм-0,16 мм	0,20 мм-0,50 мм	0,63 мм-2,0 мм	2,5 мм- 50 мм	63 мм-200 мм	250 мм-500 мм
Третьоктавні смуги, що охоплюються (середня довжина хвилі в мм) ^a		0,05; 0,063; 0,08;0,10; 0,125;0,16	0,20; 0,25; 0,315; 0,40; 0,50	0,63; 0,80; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0	2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10;12,5; 16; 20; 25;31,5; 40; 50	63; 80; 100;125; 160;200	250;315; 400;500
Максимальний фоновий шум, виражений як середньоквадратичне значення та рівні профілю	Тільки загальне вимірювання профілю	0,002 мм 6 dB	0,006 мм 16 dB	0,02 мм 26 dB	0,05 мм 34 dB	0,07 мм 37 dB	0,10 мм 40 dB
	Детальне вивчення профілю (масштабування тощо) й спектральний аналіз	0,001 мм 0 dB	0,003 мм 10 dB	0,01 мм 20 dB	0,03 мм 30 dB	0,04 мм 32 dB	0,05 мм 34 dB

^a Ці значення - це загальні значення в межах діапазону довжини хвилі.

6.15 Чутливість до вібрацій

Слід забезпечити стабільність датчика у вертикальному положенні принаймні під час вимірювання повної базової довжини та для всіх робочих швидкостей або наявність у нього певних засобів компенсації вертикальних рухів.

Для цього потрібно, щоб вібрації (наприклад, що виникають від частоти власних коливань підвіски датчика та/або його носія) мали незначний вплив, тобто вони не повинні порушувати вимоги до фонового шуму, як викладено у 6.14.

Для мобільного пристрою, для якого вібрації можуть бути проблемою, підходящим тестом є запуск транспортного засобу (для перевезення пристрою) по гладкій і рівномірній поверхні, щоб шини переключувалися по об'єкту, що має висоту від 20 мм до 25 мм, ширину 200 мм і довжину 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.

6.16 Відстань центрування

Відстань центрування для безконтактних пристроїв має бути достатньою, щоб захистити датчик від випадкового дотику до дорожнього покриття.

6.17 Чутливість до навколишнього світла

Вихідний сигнал профілю не повинен змінюватися більш ніж на 0,1 мм під час зміни від темного навколишнього світла до навколишнього світла, типового для сонячної погоди, і навпаки.

6.18 Чутливість до оптичних властивостей поверхні

Вихідний сигнал профілю не повинен змінюватися більш ніж на 0,1 мм під час переміщення датчика від дуже темних до дуже яскравих матеріалів і навпаки. Рекомендується переміщення датчика по гладкій поверхні, що має переходи від білого до чорного до білого; відзначити результат. Далі див. примітки в 6.19.

Примітка. Досвід показав, що нанесення шару фарби на поверхню може підвищити характеристики. Однак шар фарби має бути достатньо тонким, щоб не змінити шорсткість, що вимірюється.

6.19 Проблеми, пов'язані з низькою відбивною здатністю або чутливістю до вологих/мокрих поверхонь

Необхідно зазначити, чи є вихідний профіль чутливим до ступеня вологості дорожнього покриття і який тип вологості чи кількість води є прийнятним, якщо такі є.

Примітка 1. Проблема двояка:

— для безконтактних пристроїв дифузна відбивна здатність може бути настільки низькою, що коефіцієнт викидів стає занадто високим;

— випромінювання датчика може іноді не потрапляти у фактичне місце шорсткості, а бути вище цього місця на якийсь рівень води.

Примітка 2. Щойно влаштовані асфальтобетонні поверхні, принаймні, бітумні, як правило, мають глясовий і надзвичайно темний вигляд. Профілометри, що використовують оптичні промені, зазвичай мають проблеми з такими поверхнями, оскільки занадто мало світла розсіюється в напрямку до приймаючого елемента. Коефіцієнт викидів підвищується і можуть мати місце імпульсні перешкоди під час

екстремальних переходів між темними та світлими поверхнями. Те ж саме стосується поверхонь, які є темними через вологу.

7 КАЛІБРУВАННЯ

Калібрування має проводитися за допомогою спеціальної поверхні для калібрування, що має відомий профіль. Точність поверхні калібрування по відношенню до її теоретичного профілю повинна бути не менше 0,05 мм по вертикалі.

Процедура калібрування повинна бути розроблена таким чином, щоб отримати максимальну похибку значення амплітуди шорсткості 5 % (амплітуди поверхні калібрування), що відповідає 0,4 дБ, якщо використовується логарифмічна шкала, або 0,1 мм, залежно від того, яке значення є нижчим.

Процедури калібрування не визначено в цій частині ISO 13473. У додатку А наведено приклади різних поверхонь калібрування та інші пропозиції.

Тип калібрування, що використовується, має бути зазначено.

Примітка. Підходяща поверхня для калібрування - це поверхня, оброблена для отримання трикутного профілю зі значенням повної амплітуди від 5 мм до 20 мм та довжиною хвилі шорсткості від 10 до 50 мм. Це вказує не тільки на амплітуду, але й на нелінійність та шкалу довжини хвилі шорсткості

8 ПРЕДСТАВЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ЩОДО ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Будь-який документ, що представляє профілометр та посилається на цю частину ISO 13473, має містити інформацію про те, чи виконані вимоги цієї частини ISO 13473. Елементи, які не виконані, повинні бути вказані і повідомлено про відхилення. Також обов'язково повідомляється про таке (як описано в 4):

- а) клас мобільності;
- б) діапазон довжини хвилі шорсткості;
- в) поверхневий контакт чи ні;
- г) принцип роботи.

Крім того, якщо немає посилання на загальнодоступний документ, що містить цю інформацію, рекомендується, щоб відповідні дані щодо профілометра були повідомлені в повному обсязі. Рекомендується вказати такі характеристики:

- д) вертикальний діапазон вимірювання;
- е) горизонтальна довжина оцінки;
- ж) вертикальна роздільна здатність;
- и) нелінійність;
- к) горизонтальна роздільна здатність;
- л) інтервал вибірки;
- м) потенційне руйнування покриття, що вимірюється;
- н) швидкість вимірювання;
- о) вирівнювання датчика та локальне обмеження уклону;
- п) діапазон частот датчика та системи запису;
- р) коефіцієнт викидів;
- с) фоновий шум;
- т) відстань центрування;
- у) чутливість до вібрацій;
- ф) чутливість до навколишнього світла;
- х) чутливість до оптичних властивостей поверхні;
- ц) чутливість до вологих/мокрих поверхонь;
- ч) тип калібрування.

Примітка. Компіляція специфікацій більшості профілометрів, що використовуються у 1994 р., міститься у [1], хоча звітність даних там не відповідає цій рекомендації.

ДОДАТОК А (інформаційний) ПОВЕРХНІ КАЛІБРУВАННЯ

Поверхні калібрування, наведені в таблиці А.1, які виявились практичними.

Таблиця А.1 — Ефективні поверхні калібрування

Тип профілю	Підходить для наступного типу профілометрів	Калібрування амплітуди	Калібрування довжини хвилі
Трикутний (наприклад, 10 мм амплітуда і 20 м довжина хвилі)	Обертання на краю диска: Всі мобільні лазери Прямий профіль: Мобільні пристрої секціонування світла та всі стаціонарні пристрої	Середньоквадратичне значення трикутної хвилі (для спектру: Середньоквадратичне основної)	Основна і гармоніки
Прямокутний (наприклад, 10 мм амплітуда, кожен рівень ≥ 10 мм довжиною)	Обертання на краю диска: Всі мобільні лазери Прямий профіль: Мобільні пристрої секціонування світла та всі стаціонарні пристрої	На плоских верхніх та нижніх частинах	Тільки якщо профіль можна правильно виміряти (важко на вертикальних уклонах)
Ступінчастий сигнал (наприклад, довжина кроку 10 мм, кожен 1 мм висотою)	Обертання на краю диска: Всі мобільні лазери Прямий профіль: Мобільні пристрої секціонування світла та всі стаціонарні пристрої	На плоских частинах Лінійність можна перевірити	Не рекомендується використовувати цей профіль

Поверхні калібрування згідно з таблицею (А.1) можуть бути оброблені кваліфікованою майстернею з високим ступенем механічної точності. Для оптичних профілометрів рекомендується поверхні очистити стиснутим повітрям та/або пофарбувати матовою фарбою для отримання дифузного вигляду, що забезпечить рівномірний розподіл відбитого світла. Відносна похибка в обробці та механічному вимірюванні може бути зменшена до незначних величин, якщо використовуються значення, які наведено в таблиці (А.1). Менші профілі підвищуватимуть відносні помилки. Якщо можливо, калібрування слід проводити зі швидкістю між поверхнею та профілометром, такою ж, що зазвичай використовується під час вимірювання (динамічне калібрування). Для калібрувальних поверхонь, що обертаються, це може бути досягнуто зі швидкістю обертання, що дає відповідний профіль руху під датчиком, який нерухомий.

Зверніть увагу, що для трикутної хвилі не рекомендується проводити калібрування на максимальному і мінімальному значеннях профілю, оскільки вони можуть бути не якісно відтворені профілометром. Краще використовувати середньоквадратичне значення, на яке значно менше впливає не якісне відтворення максимуму і мінімуму профілю. Синусоїдальний профіль також може бути використаний у цьому випадку, хоча його створення зазвичай дорожче.

Калібрування може бути легко виконано, якщо профіль калібрування встановлений на рулоні динамометра, над яким розміщений датчик, і динамометр працює з кутовою швидкістю, забезпечуючи окружну швидкість, що дорівнює нормальній робочій швидкості профілометра.

У деяких процедурах використовується видалення уклонів (ISO13473-1). Якщо це застосовується до поверхні калібрування з відносно великою довжиною хвилі шорсткості, на уклон може дещо впливати початкова та кінцева точки профілю. Шляхи уникнути цієї проблеми є такими:

- адаптувати процедуру вимірювання поверхні калібрування таким чином, щоб уклон був незначним і не застосовувалося видалення уклону або

- використовувати основну довжину хвилі шорсткості (період) не більше 20 мм для профілю калібрування та включити зразок, достатньо довгий, щоб охопити принаймні 20 періодів; або використовувати довжину зразка таким чином, щоб початковий і кінцевий сегменти профілю були симетричними. Це особливо важливо, якщо необхідне видалення уклонів.

В обох вищевказаних випадках рекомендується проводити калібрування застосовуючи середньоквадратичне значення профілю калібрування, а не пікові величини. Крім того, пікові значення, які є більш чутливими до уклону, ніж середньоквадратичне значення, також більш чутливі до недосконалої високочастотної характеристики профілометрів.

БІБЛІОГРАФІЯ

1 WAMBOLD, J.C., ANTLE, C.E., HENRY, J.J., RADO, Z., DESCORNET, G., SANDBERG, U., GOTHİЙ, M., HUSCHEK, S., International PIARC Experiment to Compare and Harmonize Texture and Skid Resistance Measurement. Final report, No. 01.04.T, to the Technical Committee on Surface Characteristics, World Road Association (PIARC) (formerly the Permanent International Association of Road Congresses), Paris, 1995

2 ASTM E950-98, Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profile Reference

3 ISO 3274, Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Nominal characteristics of contact (stylus) instruments

4 ISO 4287, Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Terms, definitions and surface texture parameters

5 ISO 4288, Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Rules and procedures for the assessment of surface texture

6 ISO 5436-1, Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method; Measurement standards — Part 1: Material measures

7 ISO 5436-2, Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method; Measurement standards — Part 2: Software measurement standards

8 ISO 8608, Mechanical vibration — Road surface profiles — Reporting of measured data

9 ISO 12085, Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Motif parameters

10 ISO 13473-1, Characterization of pavement texture by use of surface profiles — Part 1: Determination of Mean Profile Depth

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

Код згідно ДК 004 93.080.10

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