



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**ДСТУ ISO 13473-1:2020
(ISO 13473-1:2019, IDT)**

**ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ШОРСТКОСТІ ЗА
ДОПОМОГОЮ ПРОФІЛІВ ПОКРИТТЯ**

Частина 1

Визначення середньої глибини профілю

(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 13473-1 Characterization of pavement texture by use of surface profiles — Part 1: Determination of mean profile depth (Визначення характеристик шорсткості за допомогою профілів покриття — Частина 1: Визначення середньої глибини профілю).

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
зادля 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	V
1 Сфера застосування	1
2 Нормативне посилення	3
3 Терміни та визначення понять	3
4 Поверхні випробувань	6
4.1 Стан поверхні	6
4.2 Кількість даних, що підлягають збору за кожним розділом польових випробувань	7
4.2.1 Безперервні вимірювання	7
4.2.2 Точкові вимірювання	7
4.3 Кількість даних, що збираються на лабораторних зразках	8
5 Вимірювальні прилади	9
5.1 Інструменти взагалі	9
5.2 Вертикальна роздільна здатність	9
5.3 Горизонтальна роздільна здатність	10
5.4 Швидкість вимірювання	11
5.5 Вирівнювання датчика	11
5.6 Пропускна здатність датчика та системи запису	12
5.7 Перевірка працездатності	13
5.8 Позначення недійсних показань (викидів)	13
5.9 Чутливість до вібрацій	14
6 Процедура вимірювання	14
6.1 Перевірки працездатності	14
6.2 Вимірювання	14
6.3 Безперервні або точкові вимірювання	14
7 Порядок обробки даних	14
7.1 Загальні вимоги	14
7.2 Підсумок етапів обробки даних	15
7.3 Корекція викидів та інтерполяція	16
7.4 Повторна вибірка даних до певної просторової роздільної здатності	18
7.5 Ідентифікація піків та переформатування профілю	18

7.6	Видалення довгохвильових компонентів та нормалізація різкості профілю	18
7.7	Обмеження сегмента	20
7.8	Визначення піку та середньої глибини сегменту	20
7.9	Видалення екстремальних значень середньої глибини сегменту (необов'язково)	20
7.10	Усереднення середньої глибини сегменту для визначення середньої глибини профілю	21
7.11	Визначення розрахункової глибини шорсткості (необов'язково)	21
8	Оцінка невизначеності результатів вимірювання згідно з ISO/IEC Guide 98-3	22
9	Вимоги до безпеки.....	25
10	Протокол випробування.....	25
	Додаток А (інформаційний) Діапазон шорсткості.....	27
	Додаток Б (інформаційний) Проблеми, що виникають на спеціальних поверхнях.....	30
	Додаток В (інформаційний) Порядок відбору проб середніх значень глибини сегменту за допомогою точкових вимірювань	34
	Додаток Г (нормативний) Процедури підвищення якості даних	39
	Додаток Д (нормативний) Процедура видалення піків	47
	Додаток Е (інформаційний) Невизначеність результатів вимірювання	50
	Додаток Ж (інформаційний) Перевірка працездатності	56
	Додаток И (інформаційний) Блок-схеми для визначення СГС та СГП	60
	Бібліографія	63

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей національний стандарт ДСТУ ISO 13473-1:2020 «Визначення характеристик шорсткості за допомогою профілів покриття — Частина 1: Визначення середньої глибини профілю» прийнятий методом перекладу, ідентичний щодо ISO 13473-1 Characterization of pavement texture by use of surface profiles — Part 1: Determination of mean profile depth.

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 13473-1:2002 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 1. ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОЇ ГЛИБИНИ ПРОФІЛЮ

Characterization of pavement texture by use of surface profiles
Part 1: Determination of mean profile depth

Чинний від 202X-XX-XX

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

У цьому стандарті описано метод випробування для визначення середньої глибини макрошорсткості поверхні покриття (3) шляхом вимірювання профілю покриття та розрахунку глибини шорсткості в залежності від цього профілю. Цей метод розроблено для визначення середнього значення глибини лише макрошорсткості покриття і вважається нечутливим до мікрошорсткості покриття та характеристик нерівномірності.

Метою цього стандарту є забезпечення доступності прийнятої у світі процедури щодо визначення глибини шорсткості покриття, яка є альтернативою методу об'ємної плями, що традиційно використовується (як правило, застосовують пісок або скляні кульки), надаючи порівнянні значення глибини шорсткості. З цією метою в стандарті описано процедури фільтрації, які розроблено для найкращого представлення глибини шорсткості, що визначено методом об'ємної плями [13].

Сучасні профілометри, що використовуються, майже повністю належать до безконтактного типу (наприклад, лазер, світлова щілина або світловий ніж), і цей стандарт, в першу чергу, призначений саме для цього типу. Однак це не виключає застосування його частин для інших типів профілометрів.

Серія ISO 13473 була розроблена через необхідність, що виявлено під час визначення поверхні випробування для вимірювання шуму автомобіля

(ISO 10844:2014 [6]). Вимірювання глибини макрошорсткості згідно з цим стандартом, як правило, не є достатнім для визначення умов випробувань щодо вимірювання рівня шуму транспортного засобу або дорожнього руху, та має обмежене застосування, як доповнення, у поєднанні з іншими методами визначення поверхні.

Цей метод випробування підходить для визначення середньої глибини профілю (СГП) покриття. СГП може бути перетворена на величину, яка оцінює глибину макрошорсткості за методом об'ємної плями. Застосовується як для польових випробувань, так і для лабораторних випробувань зразків покриття. Під час використання спільно з іншими фізичними випробуваннями значення глибини макрошорсткості, що отримано за допомогою цього методу випробування, застосовується для оцінки характеристик опору ковзанню покриття [15], оцінки характеристик шуму та оцінки придатності матеріалів дорожнього покриття або техніки обробки дорожнього покриття.

Цей метод разом з іншими вимірюваннями (де це можливо), такими як пористість або мікрошорсткість, можна використовувати для оцінки якості покриття.

Цей стандарт адаптований для вимірювання шорсткості покриття і не призначений для інших застосувань. Форма, розміри та розподіл частинок дорожнього покриття - це особливості шорсткості поверхні, які не розглянуті в цьому методі. Метод не призначений для забезпечення повної оцінки характеристик шорсткості поверхні покриття. Зокрема, відомо, що виникають проблеми щодо інтерпретації результату, якщо метод застосовується до пористих або рифлених поверхонь (додаток Б).

Примітка До інших міжнародних стандартів, що стосуються методів профілювання поверхні, належать, наприклад, посилання [1], [2] та [3]. Однак це в них чітко не зазначено, вони в основному використовуються для вимірювання обробки поверхонь (мікрошорсткості) металевих поверхонь і не призначені для дорожнього покриття.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цьому стандарті наведено посилання на нормативний документ:

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

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цьому стандарті вжито такі терміни та визначення позначених ними понять.

ISO та IEC підтримують термінологічні бази даних для використання в стандартизації за такими адресами:

— ISO Платформа веб-перегляду: доступна за адресою <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: доступна за адресою <http://www.electropedia.org/>

3.1 довжина хвилі шорсткості (*texture wavelength*)

λ

Величина, що описує горизонтальний розмір нерівностей профілю шорсткості, згідно з 3.3.

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

Примітка 2. Довжина хвилі шорсткості є дескриптором компонентів довжини хвилі профілю і пов'язана з концепцією перетворення Фур'є ряду регулярних вибірових точок вимірювання вздовж просторової осі. Вертикальне переміщення (висота) має довільне значення.

3.2 шорсткість покриття (*pavement texture*)

шорсткість (*texture*)

Відхилення поверхні покриття від плоскої поверхні з довжиною хвилі шорсткості, згідно 3.1 менше 0,5 м.

3.3 профіль покриття (*surface profile*)

профіль шорсткості (*texture profile*)

Верхній контур вертикального розрізу дорожнього покриття.

Примітка 1. Профіль шорсткості схожий на профіль покриття, але обмежений діапазоном шорсткості.

Примітка 2. Профіль покриття описується двома координатами: одна в площині поверхні, що позначає відстань (абсциса), а інша у напрямку, нормальному до площини поверхні, позначає вертикальне переміщення (ордината). Приклад наведено на рис. А.1. Відстань може бути в поздовжньому або бічному (поперечному) напрямках по відношенню до напрямку руху на дорозі, або по колу, або в будь-якому іншому напрямку між цими екстремумами

3.4 макрошорсткість (*macrotexture*)

макрошорсткість покриття (*pavement macrotexture*)

Відхилення поверхні покриття від плоскої поверхні з характерними розмірами вздовж поверхні від 0,5 мм до 50 мм, що відповідає довжині хвилі шорсткості (3.1) із смугами однієї третини октави, включаючи діапазон від 0,63 мм до 50 мм середніх довжин хвиль.

Примітка 1. Повна амплітуди зазвичай може змінюватися 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 отримання відповідного 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, шумом тощо, Всесвітня асоціація автомобільних доріг (PIARC) спочатку визначила діапазони мікро-, макро- та мегашорсткості [16]. Рисунок А.2, який є модифікованою версією рисунку PIARC, ілюструє, як ці визначення охоплюють певні діапазони довжини хвилі шорсткості поверхні та просторової частоти. На цьому рисунку "дискомфорт для пасажирів" включає вплив, що відчувається в автомобільних транспортних засобах та на велосипедах, а також на інвалідних візках та інших транспортних засобах, якими користуються інваліди

3.5 Вимірювання глибини шорсткості

3.5.1 глибина шорсткості (*texture depth*)

ГШ (*TD*)

У трьохвимірному вигляді відстань між поверхнею та плоскістю через вершину трьох найвищих піків у межах поверхні в тому ж порядку, що і розмір поверхні контакту автомобільної шини/дорожнього покриття.

Примітка 1. Див. рис.А.3

3.5.2 середня глибина шорсткості (*mean texture depth*)**СГШ** (*MTD*)

Глибина шорсткості (3.5.1), яка отримана методом об'ємної піщаної плями.

Примітка. У додатку «об'ємний метод піщаної плями» (див. нижче) «плоскість» на практиці визначається контактом між гумовою подушкою та поверхнею, коли подушка розстеляється по поверхні. Отже глибина шорсткості, що отримана в цьому випадку, базується не саме на «плоскості», а наближається до дещо вигнутої поверхні, яку важко визначити.

3.5.3 глибина профілю (*profile depth*)**ГП** (*PD*)

У двовимірному вигляді, тобто під час вивчення профілю, різниця в межах певної поздовжньої / бічної відстані в тому ж порядку довжин, що і поверхня контакту автомобільної шини/дорожнього покриття, між профілем і горизонтальною лінією, яка проходить через вершину найвищого піку в межах цього профілю

3.5.4 довжина оцінки (*evaluation length*)

l

Довжина частини одного або декількох профілів, для яких повинна бути розрахована СГП (3.5.2)

3.5.5 сегмент (*segment*)

Частина профілю довжиною 100 мм

Примітка. Див. рис.А.4

3.5.6 середня глибина сегмента (*mean segment depth*)**СГС** (*MSD*)

Середнє значення глибини профілю (3.5.3) сегменту (3.5.5)

Примітка. Див. рис.А.4

3.5.7 середня глибина профілю (*mean profile depth*)

d_{сгп}

СГП (*MPD*)

середнє значення СГС (3.5.6) перерізу, що випробується

3.5.8 розрахункова глибина шорсткості (*estimated texture depth*)

d_{ргш}

РГШ (*ETD*)

Термін, що використовується коли СГП (3.5.7) застосовують для оцінки СГШ (3.5.2) за допомогою формули перетворення

3.6 об'ємний метод піщаної плями (*volumetric patch method*)

Метод полягає у розподілі матеріалу, зазвичай піску або гранульованих скляних кульок, у вигляді плями

Примітка 1. Матеріал розподіляється гумовою подушкою для утворення круглої плями, середній діаметр якої вимірюється. Значення, що отримують шляхом ділення обсягу матеріалу на охоплювану площу, представляє середню глибину шару, тобто СГШ. Об'ємний метод піщаної плями описано в EN 13036-1

Примітка 2. Об'ємний метод піщаної плями передбачає використання не тільки піску або скляних кульок для утворення плями, але в деяких випадках пластичну або мастильну речовину. Однак такі матеріали мають певні недоліки, а для міжнародної стандартизації рекомендуються лише скляні кульки. Вимірювання РГШ базується на скляних кульках, що є матеріалом для утворення плями

3.7 викиди (*drop-out*)

Дані профілю, який вимірюється, зазначені датчиком як недійсні

3.8 пік (*spike*)

Незвично високий і різко визначений максимум профілю, який вимірюється, що не є частиною справжнього профілю і не визначається системою автоматично як недійсний

Примітка 1. Див. Додаток Е для кількісного визначення піку

4 ПОВЕРХНІ ВИПРОБУВАНЬ

4.1 Стан поверхні

Вимірювання не слід проводити під час дощу або снігу. Якщо не було доведено, що обладнання забезпечує достовірні вимірювання на вологих поверхнях, поверхня під час вимірювань повинна бути сухою. Також вона повинна бути розумно чистою - без сміття та сторонніх предметів.

Буває, що вимірювальні системи на оптичній основі не працюють належним чином на щойно асфальтованих поверхнях, які є глянцевиими та темними. Якщо випробування проводиться під час процесу асфальтування, оптичні спотворення внаслідок температурного градієнту у повітрі над поверхнею, що досліджується, можуть давати невірні дані.

Для доріг, які були в експлуатації, шорсткість може змінюватись в поперечному напрямку дорожнього покриття. У цьому випадку поперечне місцеположення вимірювання зазвичай визначається належним використанням даних

4.2 Кількість даних, що підлягають збору за кожним розділом польових випробувань

4.2.1 Безперервні вимірювання

Безперервні вимірювання проводяться, коли певна довжина дороги вимірюється з можливими інтервалами максимум 10% довжини. Мінімальна довжина оцінки, протягом якої розраховується СГП, повинна становити 1,0 м. Немає сенсу визначати СГП на меншій довжині. Рекомендується проводити вимірювання та розрахунки постійно по всій довжині випробувальної ділянки

4.2.2 Точкові вимірювання

— Якщо безперервне вимірювання неможливе, як у випадку стаціонарних пристроїв, тоді вимірювання можуть проводитися на певних місцях, які належним чином розміщено. Застосовуються такі мінімальні положення:

— Кожна довжина, що оцінюється, повинна містити щонайменше вісім одиничних вимірних сегментів довжиною щонайменше 100 мм. Зазвичай це буде по прямій лінії, але також може бути кругова траєкторія або паралельні лінії (у зв'язку з 3D-вимірюваннями). Кожен сегмент повинен вимірюватися постійно. Винятком є аналіз круглих лабораторних зразків; див. 4.3.

- Порядок, що наведено у Додатку В, рекомендує вибирати місцеположення вимірювання та довжину оцінювання неупереджено.

- Мінімальна довжина оцінювання повинна становити 1,0 м.

Для поверхонь з періодичним рельєфом (наприклад, рифлена або оброблена поверхня) загальна довжина профілю повинна містити щонайменше 10 періодів домінуючого рельєфу.

4.3 Кількість даних, що збираються на лабораторних зразках

Лабораторні зразки зазвичай бувають як круглого, так і прямокутного перерізу. Вони можуть бути безпосередньо взяті на дорозі чи аеродромі, виготовлені в лабораторії або відтворюватися на базі шаблонів із фактичного місця дороги чи аеродрому.

Під час вимірювання лабораторних зразків слід бути обережними, щоб крайові ефекти зразків не впливали на вимірювання.

Для того, щоб результат вимірювання об'єктивно представляв фактичну ділянку випробувань, повинні бути дотримані такі три вимоги:

- зразки круглого, прямокутного перерізу або шаблон, які призначено для вимірювання профілю, слід брати щонайменше з чотирьох різних місць, які рівномірно розподілені в поздовжньому напрямку вздовж ділянки випробувань.

- вимірювання повинні включати щонайменше 4 сегменти (на зразок покриття), рівномірно розподілені на лабораторних зразках (див. нижче), кожен профіль вимірюється довжиною щонайменше 100 мм і не є частиною іншого профілю, за винятком, коли один профіль перетинає інший.

- Мінімальна довжина оцінювання повинна становити 1,0 м.

Рекомендується, щоб зразок покриття мав діаметр мінімум 150 мм, хоча зразки діаметром 100 мм є прийнятними. Якщо діаметр зразка не дозволяє вимірюванням по прямій лінії потрібної довжини по всьому колу, рекомендується обертати зразок під датчиком (або навпаки) і проводити вимірювання по колу навколо центру зразка. Такі кола повинні мати мінімальну окружність 200 мм (що відповідає діаметру 64 мм).

Прямокутні зразки часто мають розміри, що перевищують типові розміри круга. На таких зразках окремі вимірювання профілю повинні розподілятися рівномірно.

Вимірювання на лабораторних зразках мають багато різних цілей. Це означає, що важко зазначити мінімальні загальні вимоги. Цей стандарт передбачає, що мета полягає в отриманні значень, які є достатньо репрезентативними для дорожнього покриття.

5 ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ

5.1 Інструменти взагалі

Повинна використовуватися система профілометра, яка видає вихідний сигнал, пропорційний відстані між опорною плоскістю датчика і точкою поверхні, що розглядається. Прикладами таких датчиків є акустичний, електрооптичний типи або відеокамера. Кінцевий результат повинен бути лінійно пов'язаний з профілем шорсткості, і це може бути отримано або в апаратному, або в програмному забезпеченні, за необхідності. Система профілометрів повинна також забезпечувати засоби переміщення датчика вздовж або поперек поверхні на висоті (вертикалі), яка по суті є постійною протягом щонайменше однієї довжини профілю. Це не застосовується, коли профіль створюється окремими методами, такими як секціонування світла.

5.2 Вертикальна роздільна здатність

Вертикальна роздільна здатність повинна бути 0,05 мм або вище. Діапазон вимірювання датчика повинен бути не менше 20 мм. Під час вимірювання більш гладких поверхонь допускається менший діапазон. Для датчика, що встановлено на рухомому транспортному засобі, зазвичай потрібен більший діапазон для забезпечення руху транспортного засобу.

Примітка 1. Лазерна сенсорна система, що має діапазон вимірювання 200 мм та 12-розрядну цифрову роздільну здатність, має вертикальну роздільну здатність трохи менше 0,05 мм

Примітка 2. Виявилось, що багато лазерних профілометрів мають мінімальний рівень шуму, який відповідає 0,13 мм до 0,17 мм СГП. Вертикальна роздільна здатність

0,05 мм означає, що вертикальна роздільна здатність не впливає на мінімальний рівень шуму

5.3 Горизонтальна роздільна здатність

У разі, якщо пристрій використовує лазер, інший електрооптичний датчик або датчик, що оснований на передачі звуку, середній діаметр точки випромінювання на дорожній поверхні ні в якому разі не повинен перевищувати 1 мм вертикального діапазону, що використовується. У цьому випадку ефективною точкою вважається та, яка знаходиться в області, що обмежена контурною лінією, де інтенсивність точки становить $1/e$ (приблизно 37%) максимальної інтенсивності в межах точки.

У випадку, коли використовується пристрій секціонування світла, проектна світлова смуга або лінія повинні бути досить гострими для забезпечення світлого/темного переходу у межах 1 мм. У цьому випадку ефективна ширина лінії приймається такою, коли інтенсивність лінії зменшилася зі 100 % до $1/e$ (приблизно 37 %) максимальної інтенсивності в межах лінії.

У випадку, коли використовується контактний пристрій (наприклад, стилус), найширший розмір контактної частини (наконечника) повинен мати діаметр не більше 1 мм до 1 мм у висоту від наконечника. Тиск контакту на поверхні не повинен бути настільки високими, щоб викликати проникнення або руйнування поверхні. Таке руйнування зазвичай визначається як чітко видимий слід, де відбувся контакт.

Інтервал відбору зразків не повинен перевищувати 1,0 мм; зразки беруться через фіксований інтервал у горизонтальному напрямку.

Слід зазначити, що рух лазером або світловою плямою під час відбору кожного зразка означає, що ця пляма дещо розширена в напрямку вимірювання. Це «розтягнення» плями через швидкість вимірювання можна розрахувати, поділивши швидкість вимірювання на час, який потрібен для збору кожного значення, і воно ніколи не повинно спричиняти появу плями довше 1 мм. Це може означати обмеження швидкості вимірювання

5.4 Швидкість вимірювання

Швидкість вимірювання - це швидкість, з якою профіль простежується профілометром, і вона повинна бути такою, щоб було дотримано вимог щодо інтервалу відбору зразків. Це стосується як стаціонарних, так і мобільних профілометрів. Співвідношення є:

$$v \leq f_s \cdot s/1000, \quad (5.1)$$

де v - швидкість профілометра (м/с);

f_s - частота відбору зразків датчика (Hz);

s - інтервал відбору зразків (мм).

У деяких пристроях швидкість впливає на ефект фонового шуму, оскільки останній може бути більшим на більш високих частотах. Залежно від того, як відбувається відбір зразків та фільтрування низьких частот, швидкість може впливати на електронну частоту, що відповідає нижній межі довжини хвилі шорсткості. У пункті 5.2 зазначено інформацію щодо можливого ефекту відхилень відбору зразків.

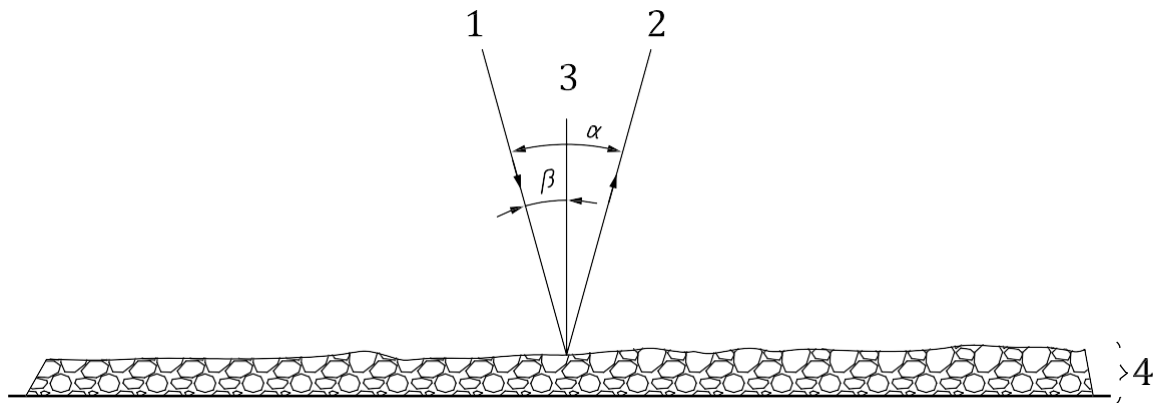
Примітка. З метою ослаблення високих частот використовують низькочастотну фільтрацію сигналу (тимчасово або просторово)

5.5 Вирівнювання датчика

У разі відбитого випромінювання кут між оптичною або акустичною осями випромінювання до поверхні та оптичною чи акустичною осями детектора (α) не повинен перевищувати 30° . Див. рис. 5.1. Більш великі кути недооцінюють дуже глибоку шорсткість і стають причиною більш високого рівня викидів. Бажано, щоб кут β був максимально низьким. Цей пункт стосується також пристроїв секціонування світла.

Рекомендується переміщення датчика в напрямку, перпендикулярному площині випромінювання, тобто перпендикулярно площині фігури.

Для механічних пристроїв α не застосовується, а β повинен бути не більше 30° .



Умовні позначки:

- 1 - випромінювальний пристрій;
- 2 - приймальний пристрій;
- 3 - нормальна поверхня;
- 4 - дорожнє покриття

Рисунок 5.1 – Вимоги щодо вирівнювання безконтактних датчиків над дорожнім покриттям

5.6 Пропускна здатність датчика та системи запису

Ширина діапазону датчика та система запису повинні відповідати ширині діапазону, що обумовлена процедурами фільтрації, які описано в 7.6.

Примітка 1. Для перевірки того, що смуга частот знаходиться у відповідному діапазоні, використовують поверхні, що оброблені для імітації шорсткості із відомими профілями. Для мобільних пристроїв такі поверхні (диски або барабани) можна обертати під датчиком. У цьому випадку вимірювальний прилад залишається нерухомим

Примітка 2. Нижній та верхній ліміти довжини хвилі шорсткості, що наведено в 7.6, не відповідають визначенню макрошорсткості згідно з 3.4. Це відбувається тому, що:

- певною мірою це імітує ефект обволікання гумовими поверхнями, такими як шина,
- довжини хвилі менше 3 мм і вище 140 мм не грають головної ролі під час визначення СГП або РГШ згідно з рисунком 1 3 посилання [15],
- багато профілометрів мають низьку продуктивність в межах нижче 3 мм,
- профілометри з обмеженням 3 мм дають більш уніфіковані значення, що менше впливають на помилкові імпульсні перешкоди

5.7 Перевірка працездатності

Регулярні перевірки працездатності проводяться під час роботи датчика над визначеною контрольною поверхнею, використовуючи стійкий профіль.

Перевірка працездатності повинна бути розроблена таким чином, щоб для контрольної поверхні можна було виявити різницю в 0,1 мм між зареєстрованою СГП та фактичною СГП. СГП контрольної поверхні має бути не менше 1,5 мм.

Примітка 1. Пункт вимагає, щоб вертикальна роздільна здатність була 0,05 мм або вище.

Якщо перевірка працездатності показує різницю, що перевищує 0,1 мм, або 5 % (залежно від того, що є найбільш суворим значенням), від очікуваного контрольного значення СГП, слід зазначити про відхилення у протоколі. Якщо різниця перевищує 0,2 мм, або 10 % (залежно від того, що є найсуворішим значенням), це вказує на те, що система працює не коректно, і проблему слід виявити.

В додатку Ж наведено інформацію щодо різних контрольних поверхонь та інші пропозиції. Додаток Ж також пояснює, як розрахувати СГП цих поверхонь.

Тип контрольної поверхні, що використовується, зазначається у протоколі

5.8 Позначення недійсних показань (викидів)

Невірні показання («викиди») можуть виникати через фотометричні властивості поверхні або затінення світла в глибоких жолобах профілю. Тому система повинна мати засоби ідентифікації викидів.

Крім того, лазерні діоди з часом псуються, що з плином часу може призвести до надмірних невірних показань. З цієї причини та для перевірки того, що інтенсивність знаходиться в межах технічних умов виробника, рекомендується використовувати засоби перевірки інтенсивності лазерного випромінювання через певні інтервали часу.

5.9 Чутливість до вібрацій

Датчик повинен утримуватися у стабільному вертикальному положенні під час вимірювання повної довжини сегмента (100 мм) при всіх робочих швидкостях. Система вимірювання повинна бути розроблена таким чином, щоб вібрації мали незначний вплив на точність вимірювання, особливо коливання, які пов'язані з природною частотою підвісу датчика та/або його носія.

6 ПРОЦЕДУРА ВИМІРЮВАННЯ

6.1 Перевірки працездатності

Працездатність обладнання перевіряється за допомогою відомого профілю відповідно до 5.7. Такі перевірки мають бути не рідше, ніж кожного вимірювального дня. Дані, що отримано після попередньої перевірки, аналізуються та видаляються у разі сумнівів.

6.2 Вимірювання

Профіль випробувальної поверхні вимірюється за допомогою обладнання відповідно до 5 та відповідає вимогам щодо довжини оцінки в 4.

6.3 Безперервні або точкові вимірювання

Вимірювання можуть проводитися пристроями, які постійно записують профіль на випробувальній ділянці, з невеликими перервами, які дозволено для передачі даних або обробки даних (4.2.1). Системи безперервного вимірювання - це зазвичай мобільне обладнання, що встановлено на випробувальному транспортному засобі. Вимірювання можуть також проводитися тільки в конкретних точках випробувальної ділянки або на зразках в лабораторії (див. вимоги 4.3 і додаток В), у цьому випадку обладнання зазвичай є стаціонарним, але рухливим

7 ПОРЯДОК ОБРОБКИ ДАНИХ

7.1 Загальні вимоги

Обробка даних у цьому стандарті складається з двох основних частин. Мета першої частини (7.2 – 7.5) - видалити помилкові показання з профілю, що вимірюється, для використання якомога більше зібраних даних. Друга

частина (7.6 - 7.11) спрямована на обробку очищених даних для отримання необхідних заходів.

Після завершення першої частини (7.2-7.5) профіль слід очистити і він вважається готовим до використання також в інших розрахунках шорсткості, як це визначено в ISO 13473-2 [7], або зазначено в ISO/TS 13473-4 [8], або ISO 13473-5 [9].

7.2 Підсумок етапів обробки даних

Процедура обробки даних повинна складатися з таких кроків (цифри відносяться до підпункту, де описаний крок).

Корекція викидів (7.3): Виключити або виправити недійсні показання (викиди).

Повторна вибірка даних до необхідного інтервалу в просторовій області (7.4): Повторна вибірка даних до потрібної роздільної здатності в просторовій області, використовуючи всі відповідні вихідні дані.

Примітка. Повторна вибірка даних з тимчасової у просторову область безпосередньо залежить від швидкості роботи транспортного засобу вимірювання.

Така повторна вибірка даних необхідна і в просторовій області, якщо початкова вибірка проводилася через більш короткі інтервали ніж необхідний інтервал 0,5 мм або 1 мм.

Ідентифікація піків та переформатування профілю (7.5): Визначити помилкові показання (так звані «піки»; див. Додаток Д) та виключити ефект від них, змінивши профіль.

Видалення довгохвильових компонентів та нормалізація різкості профілю (7.6): Застосовується високочастотна фільтрацію для видалення з профілю небажаних уклонів та довгохвильових компонентів. Застосовується низькочастотна фільтрацію для видалення частотних компонентів, що перевищують певну довжину хвилі шорсткості для нормалізації рівномірної різкості профілю.

Обмеження сегмента (7.7): Вибір сегменту профілю довжиною 100 мм.

Визначення піку (7.8): Поділ кожного сегменту на дві половини та виявлення рівнів піків профілю над кожною половиною сегмента.

Визначення СГС (7.8): Розрахувати СГС, як середнє з двох піків відповідно до 7.8.

Видалення екстремальних значень СГС (7.9): Визначити та виключити викиди СГС (необов'язково).

Визначення СГП (7.10): Визначити середнє значення серед всіх значень СГС для профілю та розрахувати стандартне відхилення.

Визначення РГШ (необов'язково) (7.11): Перетворіть значення СГП у РГШ, застосувавши формулу перетворення.

Підпункти, що наведено нижче, детально описують ці кроки. Дивіться також схеми у Додатку И.

7.3 Корекція викидів та інтерполяція

Треба бути обережним під час виключення недійсних показань з профілю. Наприклад, недійсні вимірювання можуть відбуватися через фотометричні властивості поверхні або затінення світла у глибоких жолобах поверхні. Недійсну частину профілю замінюють інтерпольованими даними з найближчих дійсних точок, як пояснено в Г.3.1 додатка Г.

Як показано на рисунку (7.1), може виникнути кілька послідовних викидів. Якщо перед і після серії недійсних показань отримано допустимі, кожне з недійсних показань замінюється інтерпольованим значенням. Застосовується проста лінійна інтерполяція.

Що стосується лінійної інтерполяції, недійсні показання замінюються інтерпольованим значенням z_i згідно з формулою (7.1):

$$z_i = \frac{z_n - z_m}{n - m} (i - m) + z_m, \quad (7.1)$$

де i - номер показання, де значення недійсне;

m - частота відбору зразків датчика (Hz);

n - інтервал відбору зразків (мм);

z_i - інтерпольоване значення для показання i ;

z_m - значення показання m ;

z_n - значення показання n .

Якщо недійсне показання знаходиться на початку або в кінці профілю, недійсне показання замінюється значенням найближчого дійсного показання. Цей спосіб екстраполяції повинен бути обмежений максимальною довжиною по обидві сторони від серії даних профілю, що дорівнює 5 мм.

Для вивчення особливостей дорожнього покриття (таких як стики), такі особливості можуть бути навмисно включені в аналіз за умови, що не відбувається жодних викидів показань датчика.

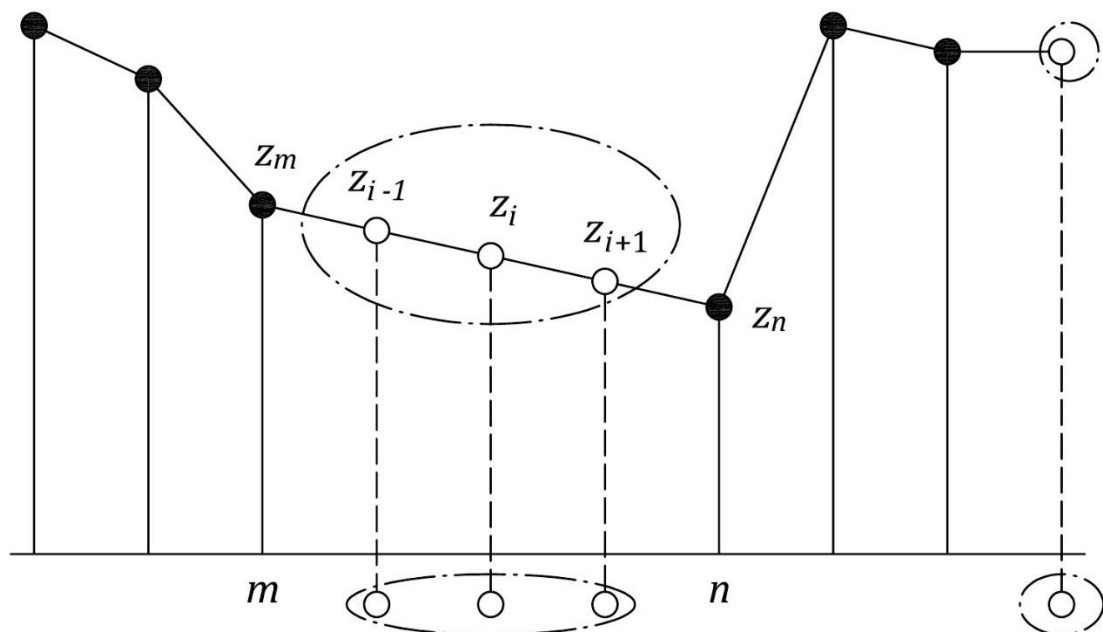


Рисунок 7.1 – Інтерполяції та екстраполяції викидів

Примітка. Викиди показано незаповненими символами

Примітка. У випадку, який показано на рисунку 7.1, є три проміжні послідовні викиди, які лінійно інтерполюються між показаннями в положеннях m і n , і один крайній викид, який екстраполюється відносно попереднього значення.

Вимірювання на конкретному профілі дорожнього покриття вважається дійсним лише в тому випадку, якщо рівень викидів відповідає такому критерію [17]: профілі з втратою даних через викиди більше 10 % (від загальної кількості показань) треба виключити.

7.4 Повторна вибірка даних до певної просторової роздільної здатності

Ця вимога стосується більшості систем профілометрів, особливо тих, що використовують принцип тріангуляції одинарного датчика. Більш сучасним системам може не знадобитися цей крок, якщо аналогічний процес виконується в межах вимірювальної системи.

Повторити сигнал з інтервалом 0,5 мм або 1,0 мм; бажано 0,5 мм. Розрахувати середнє арифметичне для всіх показань, які потрапляють у необхідний інтервал.

У випадку, якщо профіль виключається з ряду паралельних профілів, наприклад, при вимірюванні тривимірного представлення поверхні, загальна ширина вибраних ліній профілю повинна бути не більше 1 мм.

Така повторна вибірка необхідна також у просторовій області, якщо первісна вибірка була зроблена з більш короткими інтервалами, ніж необхідний інтервал 0,5 мм або 1 мм.

7.5 Ідентифікація піків та переформатування профілю

Процедура видалення піків повинна бути такою, як описана в додатку Д. Пік має бути видалений. Для того, щоб сегмент був дійсним, видалені піки не повинні становити більше 5 % від загального профілю сегмента (після повторної вибірки).

7.6 Видалення довгохвильових компонентів та нормалізація різкості профілю

Якщо профіль записувався безперервно (4.2.1), повинна виконуватися фільтрація верхніх частот для зменшення впливу уклонів або градієнтів на криву профілю (компоненти довжини хвилі), які не мають значення для визначення СГС та СГП. Фільтр повинен бути типу Баттерворта, 2-го порядку, і має відсікатися на довжині хвилі шорсткості 140 мм. Фільтрація повинна виконуватися в прямому-зворотному фільтрі для зменшення фазових спотворень сигналу профілю [18]. Для цього повинен бути розроблений фільтр Баттерворта 2-го порядку з довжиною хвилі відсічення

(- 3 дБ) на 174,2 мм, який потім застосовується в прямому і зворотному напрямках. Це забезпечить бажані функції.

Довжина профілю, що записується та фільтрується, повинна бути не менше 1 м.

Примітка 1. Максимальна довжина не вказана, оскільки вона визначається практичними міркуваннями, а не технічними характеристиками

Фільтрація не враховує перший та останній сегменти кривої профілю. В якості альтернативи можна розширити криву профілю, відобразивши перший і останній сегменти.

Якщо профіль був записаний лише на окремих точках (4.2.2), виключення уклонів є кращою процедурою для видалення довгохвильової компоненти. Це застосовується до кожного сегменту. Уклон кривої профілю в межах сегменту згідно з рисунком А.4 слід виключити шляхом розрахунку лінії регресії через усі значення профілю та вирахуванням цієї лінії з профілю. Це не стосується профілів, що виміряні у колах із окружністю не менше 200 мм, у цьому випадку застосовується високочастотна фільтрація.

Низькочастотна фільтрація повинна проводитися з метою зменшення можливого впливу шуму та перехідних процесів та забезпечення відносно рівномірного впливу вузьких піків профілю. Фільтр повинен бути типу Баттерворта 2-го порядку і має відсікатися на довжині хвилі шорсткості 3,0 мм. Фільтрація повинна виконуватися в прямому-зворотному фільтрі для зменшення фазових спотворень сигналу профілю [18]. Для цього повинен бути розроблений фільтр Баттерворта 2-го порядку з довжиною хвилі відсічення (- 3 дБ) на 2,40 мм, який потім застосовується в прямому і зворотному напрямках. Це забезпечить бажані функції.

Вибір характеристик фільтру нижніх частот дуже важливий для визначення СГП та сумісності між різним обладнанням. Отже, не повинен використовуватися ніякий інший фільтр, крім того, який потрібно в цьому випадку.

Примітка 2. Більше інформації щодо фільтрування, у тому числі запропоновані константи фільтрації, наведено у Додатку Г як керівництво.

Примітка 3. Краще використовувати формулу та коефіцієнти у Додатку Г, а не фільтрувати дані за допомогою вбудованого фільтра з додатку чи подібного. Це зменшує ризики помилок або похибок, або погіршення відтворюваності.

7.7 Обмеження сегмента

Кожен окремий профіль, на якому проводяться розрахунки, повинен мати сегмент довжиною 100 мм $\pm$ 10 мм. Це показано на Рисунку А.4.

7.8 Визначення піку та середньої глибини сегменту (СГС)

Повинен бути визначений рівень піку профілю для кожної половини сегменту. Для цього потрібно сегмент 100 мм розділити на дві рівні частини та визначити найвищий пік у кожній частині.

СГС для кожного окремого сегмента є середнім арифметичним двох пікових рівнів за вирахуванням середнього рівня профілю (який близький до нуля після високочастотної фільтрації).

У деяких вимірювальних приладах сигнал профілю може бути інвертований, і важливо відзначити, що розглянуті вище піки – це ті нерівності профілю, які мають найбільшу висоту.

7.9 Видалення екстремальних значень СГС (необов'язково)

Деякі значення СГС періодично з'являються як викиди. Причинами цього є, наприклад, листя або сміття, що летить та перетинає лазерне випромінювання, випадкові рихлі камені на поверхні, «ями» або широкі стики на поверхні. Для того, щоб уникнути впливу викидів СГС на СГП, рекомендується використовувати 3-точковий медіанний фільтр, що ковзає. Ідея медіанного фільтра полягає в тому, щоб переглядати всі значення СГС, які складають значення СГП, три на три в послідовному порядку, замінюючи кожне окреме значення медіаною трьох сусідніх значень, кожен раз крокуючи вперед на одне значення СГС. Таким чином, виключають надзвичайно високі або низькі одиничні значення та зберігають медіану. Отже, на значення СГП не впливають окремі екстремальні значення.

Коли значення СГП оброблюється для виключення екстремальних значень СГС, це повинно бути зазначено у протоколі.

Цю процедуру не рекомендується виконувати, якщо екстремальні особливості шорсткості представляють інтерес.

7.10 Усереднення СГС для визначення СГП

Кількість значень СГС повинна бути виміряна та розрахована згідно з вимогами 4.2 та 4.3. Остаточні протокольні значення повинні бути такі:

- середнє арифметичне значення для всіх значень СГС в межах довжини оцінки (СГП);
- відповідне стандартне відхилення;
- кількість окремих значень, на яких базується середнє значення, включаючи кількість прогонів вимірювання та кількість сегментів у кожному прогоні

7.11 Визначення РГШ (необов'язково)

РГШ – це спосіб зв'язати вимірювання СГП з вимірюваннями СГШ, які виконуються об'ємним методом піщаної плями [13]. Основна перевага об'ємного методу піщаної плями полягає в тому, що він вимагає дуже простого обладнання; крім того, він використовується, коли для лазерного профілометра занадто обмежений простір. Отримана формула, однак, значною мірою залежить від оператора методу піщаної плями, способу проведення цього випробування та набору поверхонь, які включено у дослідження.

Значення СГП, dСГП, може бути перетворене в РГШ, dРГШ, застосовуючи формулу (7.2) перетворення:

$$d_{РГШ} = 1,1 * d_{СГП}, \quad (7.2)$$

де d_{РГШ} та d_{СГП} - виражаються в міліметрах.

Примітка 1. У галузевих та технічних документах формулу можна знайти із скороченими термінами замість символів.

Діапазон шорсткості, де формула (7.2) є досить точною, становить приблизно 0,3 мм <СГП <3,0 мм для щільних поверхонь (У В.1 надано інформацію щодо обмежень для пористих поверхонь).

Формула (7.2) відображає середнє значення останніх результатів, які зібрано під час розробки цього стандарту, але слід зазначити, що відхилення досить великі через помилки у визначенні СГШ. Зазвичай окремі дослідження цього співвідношення дають коливання коефіцієнта між 0,9 та 1,3.

Примітка 2. У першій версії цього стандарту формула була така: РГШ = 0,2 мм + 0,8 СГП, яка базувалася на комплексних вимірюваннях Міжнародного експерименту PIARC та представлена у додатку Д Довідкового документа [15]; ASTM E1845-15 також прийняв цю формулу [10]. Однак компіляція більш пізніх (неопублікованих) досліджень привела до дещо іншої формули (7.2).

8 ОЦІНКА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ ЗГІДНО З ISO/IEC GUIDE 98-3

Процедура вимірювання, яка описана в цьому стандарті, залежить від кількох факторів, що впливають на результати, які спостерігаються для одного і того ж об'єкта. Джерело та природа цих відхилень не повністю відомі. Невизначеність результатів вимірювання може бути встановлена відповідно до ISO/IEC Guide 98-3.

Згідно з ISO/IEC Guide 98-3, кожне суттєве джерело невизначеності має бути ідентифіковано. Процедура, яка описана в ISO/IEC Guide 98-3, передбачає обробку таких джерел невизначеності:

- невизначеність внаслідок експлуатаційних коливань,
- невизначеність інструментарію,
- невизначеність через зовнішні порушення.

Для прикладу кількісного аналізу див. Додаток Е.

Загальний вираз для розрахунку значення СГП, dСГП представлено формулою (8.1):

$$d_{\text{СГП}} = d_{\text{СГП,вим.}} + \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5 + \delta_6 + \delta_7 + \delta_8, \quad (8.1)$$

де $d_{\text{СГП}}$ – величина, яка повинна бути визначена;

$d_{\text{СГП,вим.}}$ – СГП, що вимірюється та розраховується відповідно до процедури, яка наведена в цьому стандарті;

δ_1 – вхідна величина, яка враховує будь-яку невизначеність через бічні та поздовжні зміни шорсткості поверхні, що не вловлюються вимірюванням;

δ_2 – вхідна величина, яка враховує будь-яку невизначеність обладнання для вимірювання шорсткості;

δ_3 – вхідна величина, яка пов'язана з допустимим відхиленням для довжини сегмента;

δ_4 – вхідна величина, яка враховує невизначеність через вторинні відображення лазерного випромінювання на дорожньому покритті;

δ_5 – вхідна величина, яка враховує будь-яку невизначеність через корекцію викидів та видалення піків;

δ_6 – вхідна величина, яка враховує будь-яку невизначеність через зміни в процедурі обробки даних;

δ_7 – вхідна величина, яка враховує будь-яку невизначеність через вплив навколишнього середовища на пристрій вимірювання;

δ_8 – вхідна величина, яка враховує будь-яку невизначеність через вплив навколишнього середовища від вологості дорожнього покриття та інших забруднень.

Значення цих вхідних величин слід визначати згідно з процедурою, яка наведена в ISO/IEC Guide 98-3. Значення може ґрунтуватися на існуючих статистичних даних, аналізі допусків, зазначених у цьому стандарті, та технічній оцінці. Інформація, необхідна для отримання загальної невизначеності, наведена в таблиці (8.1). Таблиця Е.1 є копією таблиці (8.1), але включає також деякі типові значення.

Об'єднана стандартна невизначеність розраховується за допомогою формули (8.2):

$$u(p) = \sqrt{\sum_{i=1}^8 (c_i u_i)^2}, \quad (8.2)$$

де p – охоплення ймовірності;

$c_i u_i$ – складова невизначеності.

Таблиця 8.1 – Бюджет невизначеності для визначення значення СГП

Величина	Оцінка	Розподіл ймовірностей	Стандартна невизначеність u_j	Коефіцієнт чутливості c_j	Складова невизначеності $c_j u_j$
$\delta 1$	0	нормальний		1	
$\delta 2$	0	нормальний		1	
$\delta 3$	0	нормальний		1	
$\delta 4$	0	нормальний		1	
$\delta 5$	0	нормальний		1	
$\delta 6$	0	нормальний		1	
$\delta 7$	0	нормальний		1	
$\delta 8$	0	нормальний		1	
Об'єднана стандартна невизначеність $[u(p)]$					

Розширена невизначеність U розраховується множенням об'єднаної стандартної невизначеності $u(p)$ на відповідний коефіцієнт покриття для обраного охоплення ймовірності, як описано в ISO/IEC Guide 98-3.

У додатку Е наведено детальний перелік стандартних коефіцієнтів невизначеності та коефіцієнтів чутливості для кожного джерела, а також типових значень для поверхні, що дає значення СГП близько 1,0 мм та ґрунтуються на середньому значенні 10-ти значень СГС, в результаті чого СГП перевищує 1 м відстані. Використовуючи ці значення, аналіз бюджету невизначеності призводить до стандартної невизначеності значення СГП 0,05 мм.

У таблиці (8.2) представлена розширена невизначеність та охоплення ймовірності у випадку, коли цей метод застосовується та окремі невизначеності джерел відповідають таблиці Е.1.

Таблиця 8.2 – Розширена невизначеність (U) та охоплення ймовірності (на основі таблиці (8.1))

Охоплення ймовірності %	Розширена невизначеність, U мм
80	0,06
95	0,08

9 ВИМОГИ ДО БЕЗПЕКИ

ПОПЕРЕДЖЕННЯ – Цей стандарт 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, у цьому конкретному місці в цей конкретний час. Особливо слід спостерігати за необхідністю захисту очей від лазерного світла [21]. В іншому, цей стандарт не призначений для вирішення проблем безпеки, пов'язаних з його використанням. Користувач цього стандарту несе відповідальність за встановлення відповідних правил техніки безпеки та охорони здоров'я і визначення можливості застосування нормативних обмежень перед використанням.

10 ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАННЯ

Протокол випробування для кожної випробувальної поверхні дорожнього покриття має містити дані про такі елементи:

- ідентифікація вимірювального обладнання, організація, що його експлуатує, оператори;
- дата вимірювання;
- розташування та ідентифікація випробувальної ділянки (початкова точка та довжина);
- трек (поперечне положення) на випробувальній ділянці, в якому було проведено вимірювання;
- опис типу поверхні;
- опис забруднення поверхні (у разі наявності); наприклад листя, бруд, сміття, пісок, можлива волога;
- зауваження щодо помітних поверхневих умов, таких як наявність стиків, надмірне розтріскування, вибоїни;
- напрям вимірюваного профілю (поздовжній, поперечний, круговий тощо);
- швидкість вимірювання або діапазон швидкості;

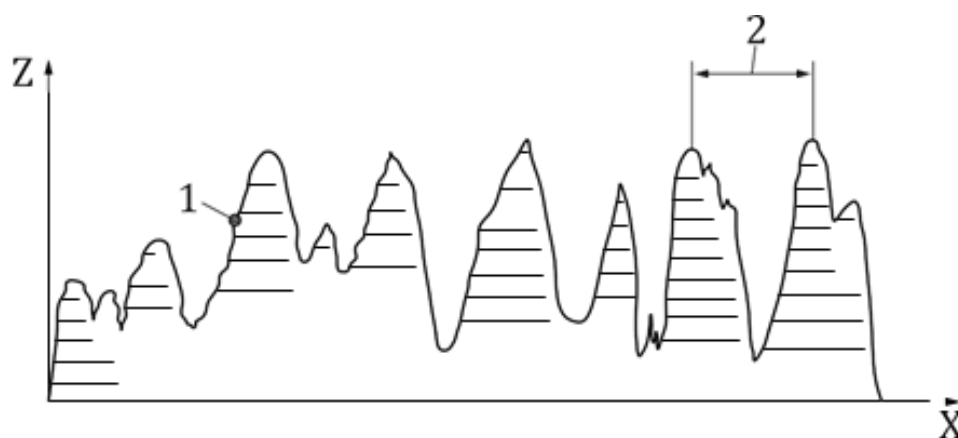
- просторова роздільна здатність (0,5 мм або 1,0 мм);
- тип перевірки працездатності, коли вона була виконана, та (якщо відхилення перевищує 0,1 мм) її результат;
- відсоток недійсних вимірювальних/інтерпольованих значень (викидів) та тип інтерполяції, що використовувався;
- застосовано чи ні видалення екстремальних значень СГС;
- застосовано чи ні процедуру видалення піків;
- тип фільтрів та порядок їх використання;
- кількість вимірювань (включаючи кількість прогонів над випробувальною поверхнею та кількість записів профілю у кожному циклі);
- СГП для випробувальної поверхні дорожнього покриття в цілому, в міліметрах;
- стандартне відхилення значень СГС, в міліметрах;
- очікувана розширена невизначеність результатів разом з відповідним коефіцієнтом покриття та охопленням ймовірності.

ДОДАТОК А

(інформаційний)

ДІАПАЗОН ШОРСТКОСТІ

Типовий запис поверхні дорожнього покриття, що наведено на рисунку (А.1) (збільшений вертикальний масштаб), включає терміни профіль, відстань, вертикальне переміщення та довжина хвилі. «Довжина хвилі» на рисунку – це ілюстрація компонента профілю, пов'язаного з концепцією довжини хвилі, але вона не є коректною з суворо математичної точки зору. Крім того, довідковий (нижній) рядок є довільним.



Умовні позначки:

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

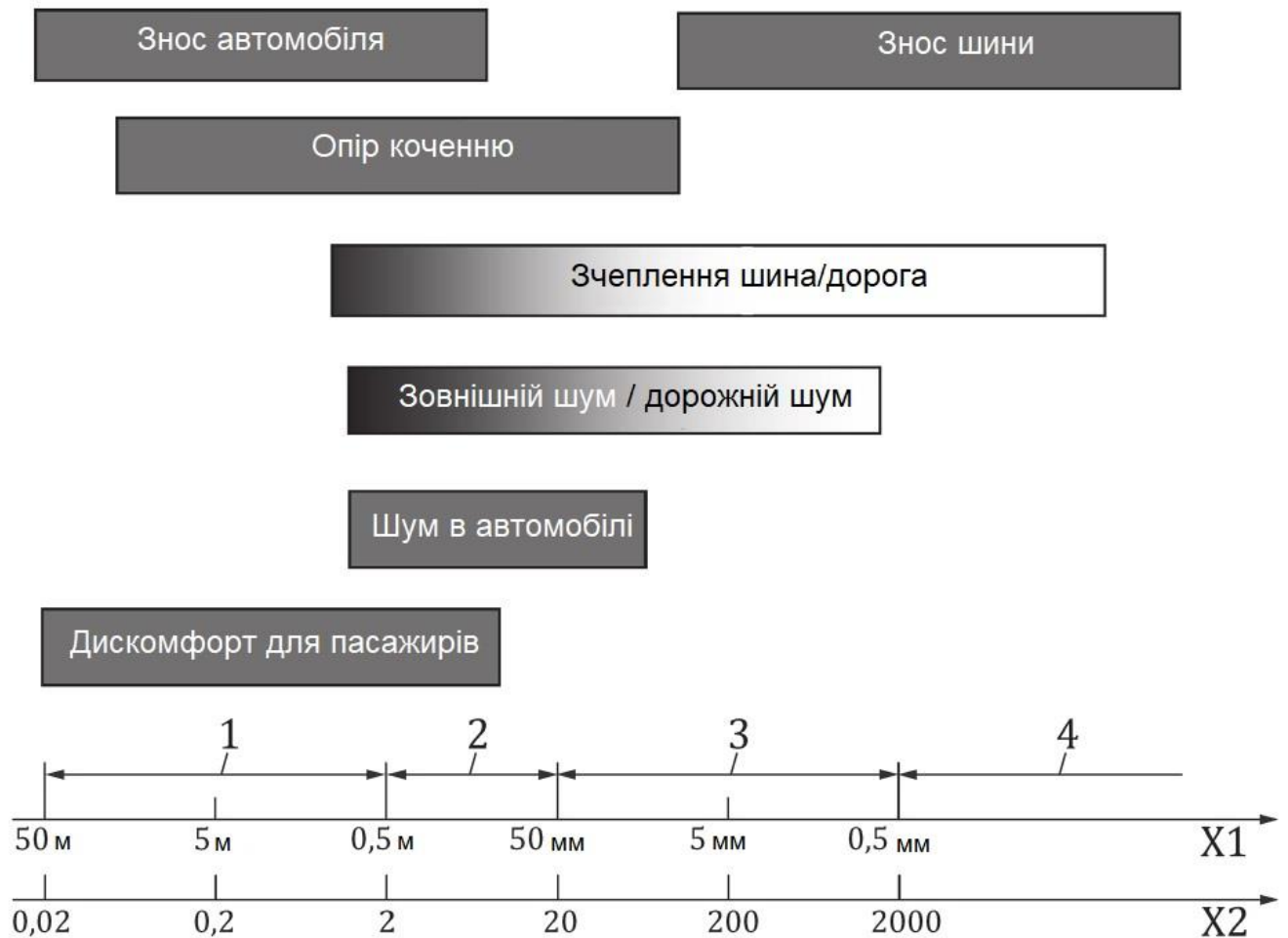
Рисунок А.1 – Деякі основні терміни, що описують шорсткість поверхні дорожнього покриття

На основі фізичних зв'язків між шорсткістю і зчепленням, шумом тощо, Всесвітня асоціація автомобільних доріг (PIARC) спочатку визначила діапазони мікро-, макро- і мегашорсткості [16]. Рисунок (А.2) ілюструє, як ці визначення охоплюють певні діапазони довжини хвилі шорсткості поверхні та просторової частоти, та як впливають різні характеристики в межах цих діапазонів.

На рисунку (А.3) зроблена спроба проілюструвати шорсткість дорожнього покриття в тривимірному випадку, особливо термін "глибина шорсткості", що представляє собою відстань між довільною точкою на

плоскості вниз до поверхні. Плоскість повинна проходити через три найвищі піки поверхні.

На рисунку (А.4) продемонстровано визначення «сегмент» та «СГС». Довідковий (нижній) рядок є довільним і тільки для ілюстрації в цьому стандарті. Середній рівень зазвичай встановлюється на рівні «нуль» в результаті процедури видалення уклонів (7.6). Довжина сегменту 100 мм.



Умовні позначки:

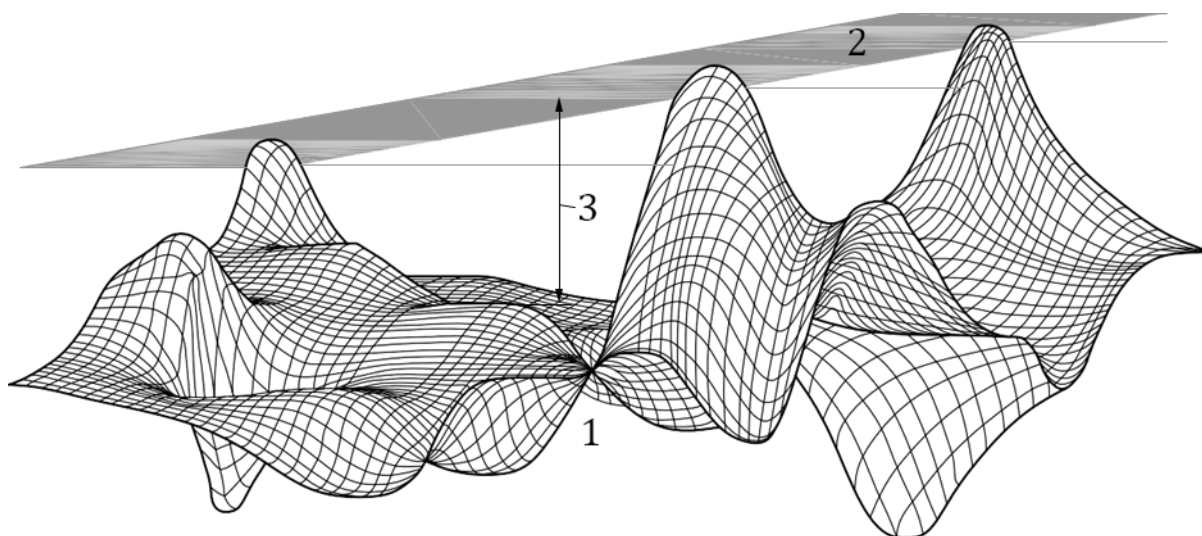
- 1 - нерівномірність;
- 2 - мегашорсткість;
- 3 - макрошорсткість;
- 4 - мікрошорсткість;

X_1 - довжина хвилі;

X_2 - просторова частота [1/m].

Рисунок А.2 – Діапазони довжини хвилі шорсткості та просторової частоти і нерівномірності, а також їх найбільш важливі, очікувані ефекти

Примітка. Більш світлий відтінок вказує на сприятливий ефект у цій області, а темніший - свідчить про несприятливий ефект.

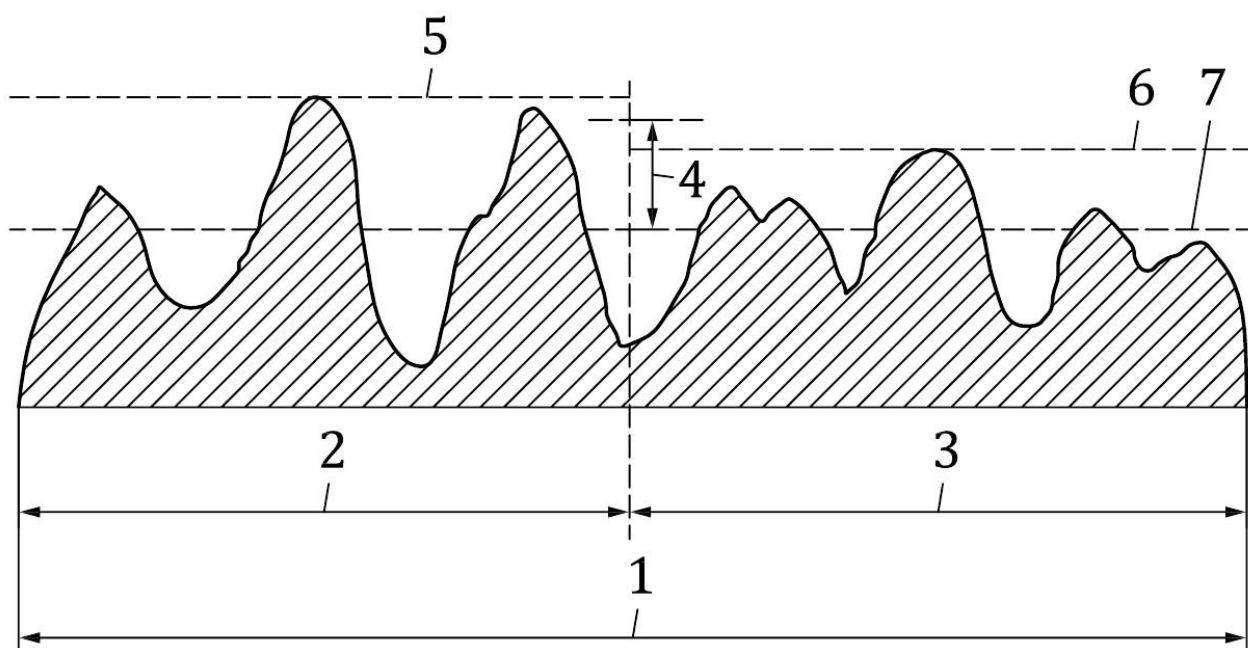


Умовні позначки:

- 1 - поверхня;
- 2 - плоскість через три найвищі піки поверхні;
- 3 - ГШ.

Рисунок А.3 – Ілюстрація термінів «поверхня» та «ГШ»

Примітка. Плоскість спостерігається з положення нижче плоскості



Умовні позначки:

- 1 - сегмент (100 мм ± 10 мм);
- 2 - перша половина сегмента;
- 3 - друга половина сегмента;
- 4 - середня глибина сегменту (СГС) = (рівень піку (1) + рівень піку (2)) / 2 – середній рівень;
- 5 - рівень піку (1);
- 6 - рівень піку (2);
- 7 - середній рівень.

Рисунок А.4 – Ілюстрація термінів «сегмент» та «СГС»

ДОДАТОК Б
(інформаційний)

ПРОБЛЕМИ, ЩО ВИНИКАЮТЬ НА СПЕЦІАЛЬНИХ ПОВЕРХНЯХ

Б.1 Пористі поверхні

На пористих поверхнях найбільш істотною властивістю часто є пористість (повітряні порожнечі) в суміші. Зчеплення та деякі шумові характеристики залежать від більш високої пористості, в той час як опір коченню, знос шин і деякі шумові характеристики істотно не залежать від пористості. Пористість - це властивість матеріалу, що проявляється всередині матеріалу, і хоча вона очевидна на поверхні, її неможливо виміряти за допомогою методу профілювання. У разі об'ємного методу піщаної плями частина матеріалу, що використовується, потрапляє в пори, але через зчеплення частинок, в'язкість та розмір частинок піску або скляних кульок «справжня» пористість ніколи не може бути виміряна у такий спосіб.

Отже, ні об'ємний метод піщаної плями, ні метод профілювання не дозволяють виміряти відповідні характеристики, що охоплюють усі випадки. Іноді метод піщаної плями дає більш релевантний результат на пористих поверхнях, тоді як в інших випадках метод профілювання найбільш прийнятний.

Тому слід проявляти обережність під час інтерпретації вимірювань, які ґрунтуються на методах профілювання на поверхнях з високим ступенем пористості. Це стосується розрахунків як СГП, так і характеристик шорсткості. Вимірювання на основі профілю, таке як СГП, може спричинити істотне завищення та заниження відповідних ефектів.

Якщо мета полягає в тому, щоб охарактеризувати дренажні властивості таких поверхонь, наприклад, для оцінки її впливу на опір проковзуванню на мокрій дорозі, аквапланування або випромінювання й поширення шуму, профіль дає заниження наявних дренажних властивостей. Причина полягає в тому, що крива профілю не відображає належним чином вплив пір в структурі, оскільки вони занадто глибокі, щоб їх можна було

записати методами профілювання; крива профілю представляє лише горизонтальну частину дренажних властивостей. У таких випадках вимірювання вертикальної частини дренажних властивостей методом відтоку води може бути підходящим доповненням [12] [14].

З іншого боку, якщо метою є характеристика потенційного вібраційного збудження в шинах, наприклад, для оцінки його впливу на опір коченню, гістерезисну частину опору ковзанню або рівень шуму, профіль дає завищену оцінку. Причина полягає в тому, що гума шини не здатна огортати більш глибокі частини шорсткості. Щоб скорегувати обмежену здатність типових шин щодо огортання, можна використовувати подальшу обробку кривих профілю за алгоритмами, що імітують огортаючи властивості шин [19] [20].

Додатковим джерелом помилок, принаймні, при використанні методу лазерного профілювання, є ймовірна додаткова частота викидів на пористих поверхнях через ймовірне затінення лазерної плями, якщо дивитися з позиції положення датчика.

Навіть для непористих поверхонь з дуже глибокою шорсткістю (значна «негативна» шорсткість) вищезгадані ефекти можуть виникнути певною мірою залежно від того, наскільки добре датчик профілювання може слідувати справжньому профілю і без викидів, в більш глибоких частинах шорсткості.

Досвід довів, що метод профілювання, як правило, «недооцінює» глибину шорсткості на пористих поверхнях у порівнянні з відповідними значеннями глибини шорсткості, які отримано об'ємним методом піщаної плями, або навпаки. Це справедливо за умови, що профілометр працює «коректно» на пористих поверхнях, тобто без неприпустимо високої частоти викидів та без будь-яких помилкових перехідних процесів, що стосується не всіх пристроїв. На пористих поверхнях, що засмічені, досвід показав, що метод профілювання дає значення, які добре корелюються з об'ємним методом піщаної плями.

Б.2 Щойно влаштовані поверхні та вологі / мокрі поверхні

Щойно влаштовані поверхні, переважно перед пуском дорожнього руху, особливо бітумного типу, зазвичай мають глянсовий і надзвичайно темний вигляд. Профілометри, що використовують оптичні промені, можуть мати проблеми з такими поверхнями, оскільки занадто мало світла розсіюється в напрямку до приймаючого елемента. Коефіцієнт викидів може бути високим і при екстремальних переходах з/до темних/світлих поверхонь. Те ж саме стосується і темних поверхонь через вологість. Тому показники викидів слід особливо ретельно контролювати, коли такі умови можуть виникнути.

Б.3 Поверхні з направленою обробкою (наприклад, рифлені, ґрунтовані або оброблені бетоном)

Вимірювання шорсткості поздовжньо-рифлених дорожніх покриттів є проблемою, оскільки, в більшості випадків, мобільні профілометри не в змозі виміряти такі канавки, якщо датчик не переміщується в поперечному напрямку під час вимірювання або не працює в трьох вимірах. Стаціонарні профілометри можна ефективно використовувати, якщо вони орієнтовані в правильному напрямку. Також є суперечливим, яке значення має профіль шорсткості або глибина, що виміряна в певному напрямку, для взаємодії шина / дорога, як це показано в нижче приведених пунктах:

- щоб охарактеризувати вплив на керування поздовжньо-рифленого або обробленого покриття, профіль у поперечному напрямку, ймовірно, буде найкращим;
- для характеристики можливості водовідведення, профіль у поздовжньому напрямку, ймовірно, буде дуже непридатним;
- для характеристики збудження вібрації в шині, що рухається, профіль у поздовжньому напрямку, ймовірно, буде найкращим.

Що стосується поперечно-рифлених поверхонь, то теоретично, метод профілювання може дещо недооцінити глибину шорсткості в порівнянні з глибиною, яка вимірюється об'ємним методом піщаної плями, оскільки

більшість профілометрів мають проблеми з відтворенням дуже крутих, майже вертикальних уклонів канавок. На практиці є дані, які, здається, підтверджують це, але також є інші дані, які не показують особливого ефекту від спрямованих канавок. Зроблено висновок, що якщо ефект взагалі існує, і є недооцінка рифлених поверхонь, то це лише незначний вплив, яким можна знехтувати в більшості випадків.

Для вимірювання направленої шорсткості, датчик, що профілює уздовж поздовжньої лінії, повинен бути вирівняний таким чином, щоб оптична площина була поперечною до напрямку канавок. Для пристрою секціонування світла це означає, що напрямок світлового перерізу повинен бути поздовжнім для поперечної канавки і поперечним для поздовжньої канавки.

Спеціальним (стаціонарним) приладом, який призначено для вимірювання шорсткості в різних напрямках, є круговий вимірювач, визначений в ASTM E2157-15 [11].

ДОДАТОК В (інформаційний)

ПОРЯДОК ВІДБОРУ ПРОБ СЕРЕДНІХ ЗНАЧЕНЬ ГЛИБИНИ СЕГМЕНТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ТОЧКОВИХ ВИМІРЮВАНЬ

В.1 Передмова

Може статися так, що є необхідність контролювати ділянку дороги певної довжини, і є лише прилад для точкових вимірювань (наприклад, круговий вимірювач шорсткості [11]). Цей додаток визначає процедуру вибору позицій для точкових вимірювань вздовж певної смуги руху, що досліджується. Процедура підходить для випадку, коли не можна виміряти всю довжину смуги руху і треба забезпечити розумний вибір вимірювальних точок, уникаючи вибору, який в іншому випадку був би упередженим через деякі навмисні або ненавмисні суб'єктивні судження. Це приклад, а не вимога.

Вибравши відповідні числа, як описано нижче, результати можна описати в рамках статистики, наприклад середнє значення (сз) і стандартне відхилення (св) СГС:

— середнє значення (сз): на основі 18 вимірювань, рівномірно розподілених вздовж одного відрізка дорожнього покриття, інтервал $\text{сз} \pm 0,50$ включає справжнє середнє значення СГС на цьому відрізку з імовірністю 95 %. Якщо є п'ять таких відрізків, то інтервал $\text{сз} \pm 0,21$ включає справжнє середнє значення СГС у розглянутому поперечному положенні всієї контрольованої ділянки дороги, також з імовірністю 95 %.

— Стандартне відхилення (св): виходячи з 18 вимірювань, рівномірно розподілених вздовж одного відрізка дорожнього покриття, інтервал від 0,75 св до 1,5 св включає справжнє стандартне відхилення СГС на цьому відрізку з імовірністю 95 % . Якщо є п'ять таких відрізків, то інтервал 0,87 св до 1,17 св включає справжнє стандартне відхилення СГС у розглянутому поперечному положенні всієї контрольованої ділянки дороги, знову з імовірністю 95 %.

В.2 Методика проведення

В.2.1 Загальні відомості

По-перше, визначається (визначаються) поперечне положення в межах смуги, що підлягає випробуванню; наприклад, права колісна колія, середина смуги руху або ліва колісна колія. Процедура в цьому додатку далі визначає, як вибрати поздовжнє положення, де слід вимірювати середні значення глибини сегмента (СГС). Для кожного обраного поздовжнього положення СГС буде вимірюватися у всіх заздалегідь вибраних поперечних положеннях.

Можна виділити два випадки: випадок 1 та випадок 2, які описані нижче.

Примітка. Передбачається, що вся довжина смуги L заасфальтована одним і тим же типом покриття, одного віку та стану.

В.2.2 Випадок 1: Довжина смуги L коротша, ніж 1 000 м ($L \leq 1\,000$ м)

У цьому випадку всю довжину смуги слід виміряти у 18 точках з інтервалом, визначеним таким чином.

Виберіть точки вимірювання в обраному поперечному положенні з рівними інтервалами вздовж смуги руху, що має довжина $L/18$. Виберіть першу точку вимірювання навмання в діапазоні від 0 м до $L/18$ м. Виберіть другу точку вимірювання на відстані $L/18$ від першої точки вимірювання і так далі до досягнення 18 точки вимірювання. Дивіться верхню частину рисунку (В.1).

В.2.3 Випадок 2: Довжина смуги L довша за 1 000 м ($L > 1\,000$ м)

У цьому випадку загальна довжина смуги L ділиться на відрізки, кожен з фіксованою довжиною 100 м. Вимірювання СГП проводиться лише в точках в межах обраного відрізка. По суті, відрізок довжиною 100 м вибирається для точкового вимірювання, приблизно один на 5 км (або, для довжини смуги, меншої за 15 км, з інтервалом не більше $1/3$ довжини смуги). Процедура досягнення цього неупереджено полягає в такому:

Вибір відрізків, які підлягають випробуванню, є три етапною процедурою (див. нижню частину рисунку (В.1)):

1. Визначення кількості відрізків довжиною 100 м, $N_{100\text{ м}}$, в межах довжини смуги L :

$$N_{100\text{ м}} = L/100\text{ м}.$$

$N_{100\text{ м}}$ слід зменшити до найближчого нижнього цілого числа.

2. Визначення кількості відрізків, що підлягають випробуванню (T). Кількість відрізків, які мають бути обрані, мінімум три, розраховується таким чином:

$$T = L/5\ 000\text{ м}.$$

T потім округляється до найближчого цілого числа.

3. Вибір відрізків довжиною 100 м смуги, які підлягають точковому вимірюванню:

Розрахунок коефіцієнта S :

$$S = N_{100\text{ м}}/T \text{ (кінцеве число, яке слід зменшити до цілого числа)}$$

Виберіть перший відрізок смуги для вимірювання навмання між відрізком 1 та відрізком S .

Другий відрізок вибирається шляхом додавання S до першого відрізка, обраного для точкового вимірювання. Третій розраховується шляхом додавання S до другого відрізка, і так до тих пір, поки не будуть відібрані всі відрізки в межах T .

4. У межах обраних відрізків точки вимірювання СГС слід вибирати, як пояснено для випадку 1.

В.2.4 Приклад, що ілюструє випадок 2

У цьому прикладі передбачається, що довжина смуги $L = 11\ 345\text{ м}$.

Виберіть поперечне положення, де слід проводити вимірювання.

$L > 1\ 000\text{ м}$, отже, застосовується випадок 2.

1. Кількість відрізків $N_{100\text{ м}}$:

$$L/100\text{ м} = 11\ 345\text{ м}/100\text{ м} = 113,45$$

Звідси $N_{100\text{ м}} = 113$ після округлення.

2. Кількість відрізків, що підлягають випробуванню:

$$T = L/5\,000 \text{ м} = 2,269$$

Оскільки мінімальна кількість відрізків, що підлягають випробуванню, становить 3, T дорівнює 3.

3. Вибір відрізків, що підлягають випробуванню:

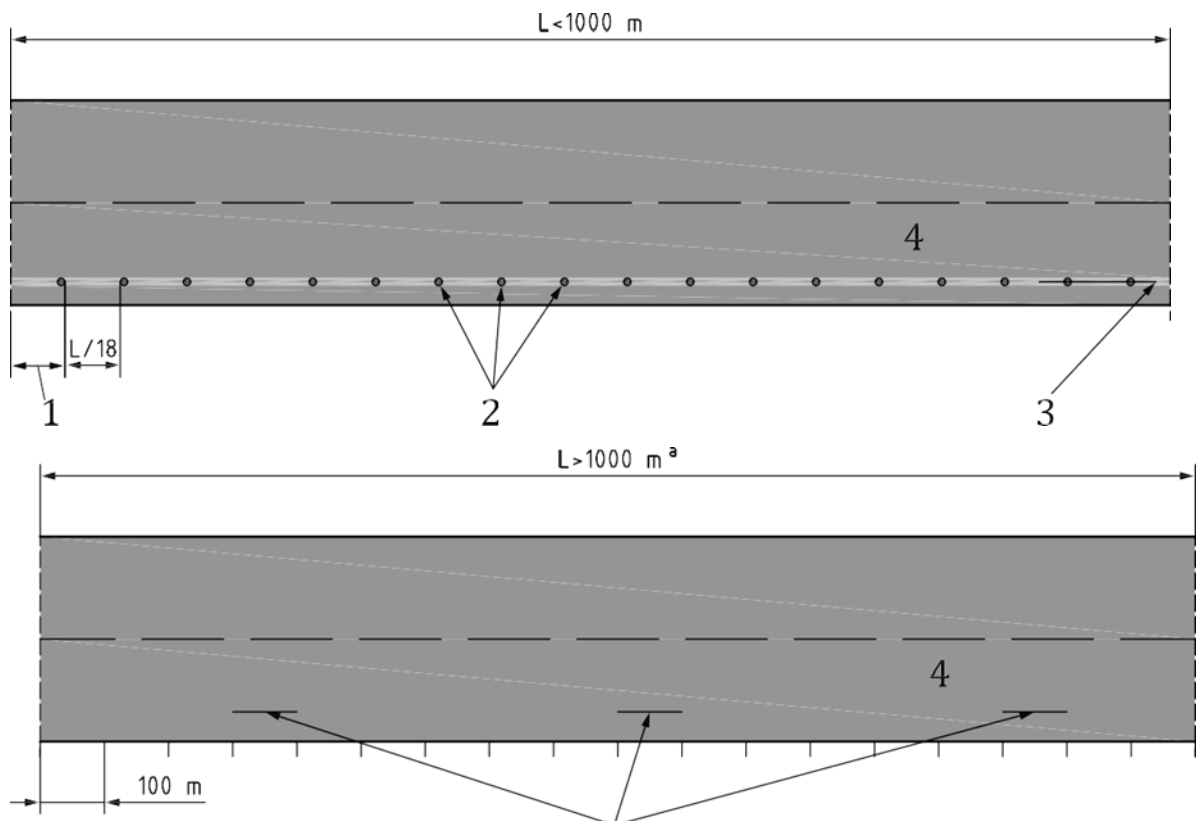
$$S = N_{100\text{м}}/T = 113/3 = 37,67$$

Округлене число $S = 37$.

Вибір 3 відрізків ($T = 3$) довжиною 100 м з 113 наявних виконується таким чином:

Перший 100-метровий відрізок смуги, що підлягає відбору, повинен бути обраний між 1 та 37. Припустимо, що обирається, наприклад, 22-й відрізок для вимірювання. Другий відрізок обирається так: $22 + 37 = 59$ -й відрізок, третій відрізок – це $59 + 37 = 96$ -й відрізок довжиною 100 м.

В межах 22, 59 та 96 відрізків вимірюється значення СГС, як зазначено у випадку 1.



Умовні позначки:

- 1 випадкове зміщення (>0 та $< L/18$)
- 2 точки вимірювання (всього 18)

- 3 вибране поперечне положення (в цьому випадку права колісна колія)
- 4 вибрана смуга
- 5 три 100 м відрізка, що підлягають моніторингу, як у випадку 1; перший відрізок вибирається навмання між 1-м та 6-м (в цьому випадку 4-й); другий – 4-й + 6 = 10-й і т.д.
- а В цьому випадку, $L = 1\,800$ м.

Рисунок В.1 – Вибір точок вимірювання

ДОДАТОК Г
(нормативний)

ПРОЦЕДУРИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ДАНИХ

Г.1 Загальні дані

Ця процедура розроблена з використанням лазерних профілометрів, які базуються на принципі тріангуляції, але, принаймні, в деяких випадках вона може бути використана і для інших типів профілометрів.

Більшість безконтактних профілометрів базуються на лазерах та датчиках, що працюють за принципом тріангуляції. При застосуванні для дорожнього покриття, особливо щойно асфальтованого (який є чорним і часто глянсовим і містить деякі порожнечі) або для пористої асфальтової поверхні (яка містить глибокі порожнечі), відбите лазерне світло має декілька механізмів помилок, які можуть викликати серйозні помилки у кривій профілю, що вимірюється.

Наприклад, точка відбиття на поверхні може бути прихована від спостереження датчиком більш високою частиною профілю поверхні, або настільки багато лазерного світла поглинається або розсіюється, що отримане світло знаходиться нижче граничного рівня прийняття: одна або більше недійсних точок, які отримано, називаються "викидами". Це може бути компенсовано ігноруванням значень, які позначено як викиди, і замість цього з'єднуються суміжні дійсні показання, тобто застосовують лінійну інтерполяцію.

Однак, найбільш проблемною помилкою є короткі перехідні сигнали, які, як правило, називаються "піками", оскільки вони виглядають як такі, що спрямовані вгору чи вниз від середньої лінії профілю. Причиною цих «піків» часто є занадто слабе лазерне світло, що відбивається (і пропускається ідентифікація викидів) або створюються так звані вторинні відбиття. «Піки» викликають великі помилки під час розрахунку СГС та СГП, якщо вони не виправлені.

Незважаючи на всі запобіжні заходи щодо помилкових частин профілю, профілометр може фіксувати дивні та несподівані особливості профілю, які можуть створювати екстремальні значення СГС / СГП. Це може бути спричинено комахами, брудом та іншим сипучим матеріалом на поверхні, листям, піском або іншими легкими предметами, що перетинають траєкторію пучка лазера, або сигнал може просто вийти за межі діапазону. Необов'язкове рішення цього питання - видалити всі піки значень СГС.

Інші проблеми, які можуть виникнути і загрожують відтворюваності, включають фоновий шум сигналу на більш високих частотах і різний розмір лазерної плями. Відносно велика лазерна пляма має тенденцію до згладжування кривої профілю, в той час як відносно невелика пляма відтворює дрібні деталі шорсткості, але, в той же час, може створювати ще багато «піків». Для підвищення відтворюваності необхідно стандартизувати фільтри, які зменшують ці проблеми, не впливаючи на справжній профіль більшою мірою, ніж це прийнятно.

Процедури підвищення якості даних у цьому стандарті спрямовані на зменшення впливу недосконалого вимірювання кривої профілю та забезпечення процедури обробки даних, яка гарантує всім пристроям, що відповідають стандарту, однакові та стабільні показники роботи в межах розумних допусків.

Після застосування процедури, значення СГС / СГП повинні бути в достатній мірі вільними від спотворених частин кривої профілю для того, щоб профіль, що вимірювався, був настільки схожий, наскільки це практично можливо, на істинний профіль, а спектри довжини хвилі шорсткості повинні бути досить точними (плоска амплітудно-частотна характеристика) в діапазоні довжин хвиль шорсткості від 1 мм до 500 мм.

Хоча цей додаток є нормативним і містить вимоги, наприклад, щодо продуктивності фільтрів високих та низьких частот, деякі його частини є лише інформативними.

Г.2 Короткий зміст зазначених процедур обробки даних

Процедури узагальнені в таблиці (Г.1).

Таблиця Г.1 — Огляд процедур підвищення якості даних

Номер	Призначення	Метод	Обов'язково або необов'язково	Область	Примітки
1a	Виявлення викидів	Виявлення викидів через низький рівень лазерного випромінювання, що приймається	Обов'язково	Тимчасова або просторова (апаратні засоби)	
1b	Корекція викидів	Лінійна інтерполяція між сусідніми дійсними значеннями		Тимчасова або просторова (програмне забезпечення)	
2	Максимальне використання даних вимірювань	Повторний відбір (з інтервалом до 0,5 мм або 1,0 мм; переважно 0,5 мм, якщо система дозволяє це ^{a,b})	Обов'язково, де це можливо	Тимчасова або просторова (програмне забезпечення)	Розраховується середнє арифметичне для всіх значень, які потрапляють у необхідний інтервал
3a	Ідентифікації піків та зміна профілю	Ідентифікація піків відповідно до Додатку Е	Обов'язково	Просторова (програмне забезпечення)	Ефект зовсім невеликий (порівняно з номером 5, що приведено нижче) Може знадобитися лише на критичних поверхнях, але оскільки це "легка" процедура, вона цілком може бути обов'язковою
3b	Ідентифікації піків та зміна профілю	Інтерполяція відповідно до 7.3 та Додатку Е. Див. також 1b вище.			
5	Видалення довгохвильових компонентів	Високочастотна фільтрація: Баттерворт 2-го порядку, відсікання на 140 мм (для постійних даних) або видалення уклонів (для дискретних даних)	Обов'язково	Просторова (програмне забезпечення)	Усуває ефект відмов автомобіля і нерівних доріг
6	Нормалізація різкості профілю	Низькочастотна фільтрація: Баттерворт 2-го порядку, відсікання на 3 мм	Обов'язково	Просторова (програмне забезпечення)	Зменшує вплив шуму і розміру лазерної плями
7	Видалення екстремальних значень СГС	Ідентифікація викидів СГС та видалення за допомогою 3-точкового медіанного фільтру	За бажанням	Подальша обробка	Тільки для значень СГС, не використовується, коли екстремальні функції представляють інтерес
^a Ця вимога стосується переважної більшості існуючих в даний час профілометрів, що використовують принцип триангуляції з одним датчиком. Більш досконалі системи в майбутньому, ймовірно, забезпечать кращі показники. ^b У випадку, якщо профіль вилучається з ряду паралельних профілів, наприклад, під час вимірювання тривимірного представлення поверхні, загальна ширина обраних ліній профілю повинна бути не менше 0,5 мм і не більше 1 мм. ^c D.4 надає інформативні підказки щодо конструкції цього фільтра.					

Г.3 Короткий опис процедур

Г.3.1 Ідентифікація викидів (обов'язкова)

Ідентифікація викидів проводиться в лазерно-сенсорній системі. Ця система повинна відзначати всі виміри, для яких отримана інтенсивність лазерного випромінювання нижче певної межі, що визначена виробником датчика. Подальша обробка даних повинна бути виконана таким чином:

- виконується лінійна інтерполяція між попереднім та наступним дійсними вимірами, які оточують неприпустиму послідовність. У випадках, коли перший або останній виміри сегмента є неприпустимими, встановлюється значення, яке дорівнює найближчому дійсному значенню.

Г.3.2 Максимальне використання даних (обов'язково, де це можливо)

У випадку, якщо вимір виконується у тимчасовій області з більшою щільністю, ніж відповідна 0,5 мм у просторовій області, повторно відбирають сигнал для отримання щільності виміру 0,5 мм (два виміри на мм).

Цей повторний відбір вимірів проводиться шляхом усереднення всіх значень в межах кожного 0,5 мм інтервалу до одного середнього значення, що представляє цей інтервал. Не звертайте уваги на невірні значення. Це зроблено для того, щоб не втратити цінні дані та зменшити шум та помилки.

Г.3.3 Ідентифікація піків (обов'язково)

Ідентифікація та інтерполяція видаляє більшість «піків». Однак у сигналі залишаються піки, що більш-менш залежить від типу вимірюваної поверхні. Метод ідентифікації піків дозволяє визначити, чи є ці піки занадто гострими чи ні, щоб бути реалістичними і, таким чином, бути «справжніми» або «помилковими».

Низькочастотний фільтр відстежує більшість спотворювальних ефектів піків. Таким чином, якщо піків мало, їх ідентифікація й видалення мають невеликий додатковий ефект. Але можуть бути критичні поверхні, такі як глясові та чорні поверхні (наприклад, щойно заасфальтована поверхня), де процедура може дати значні поліпшення.

Процедура, яку слід використовувати, описана в додатку Е.

Г.3.4 Переформатування профілю (просторова область, обов'язково)

Виконується інтерполяція між попереднім та наступним дійсними значеннями, що оточують пік.

В межах сегменту кількість інтерпольованих точок через видалення піків не повинна перевищувати 5 %.

Отриманий профіль корисний для спектрального аналізу і інших видів аналізу, якщо це необхідно.

Г.3.5 Видалення уклонів та довгохвильових компонентів (обов'язково)

Якщо профіль записувався безперервно (4.2.1), повинна виконуватися фільтрацію верхніх частот для зменшення впливу уклонів або градієнтів на криву профілю (довгохвильові компоненти), які не мають відношення щодо визначення СГС та СГП. Фільтр повинен бути типу Баттерворта 2-го порядку, а фільтрацію слід виконувати у прямому-зворотному фільтрі з метою зменшення фазового спотворення сигналу профілю [18]. Г.4 для отримання детальної інформації.

Г.3.6 Нормалізація різкості низькочастотної фільтрації (просторова область, обов'язково)

Незважаючи на описані вище процедури, сигнал може містити більш-менш короткохвильових амплітуд (5 мм і менше), залежно, наприклад, від розміру лазерної плями, електронного шуму та частоти вимірів, що може впливати на розрахунок СГС. Ефективність видалення піків також має вплив.

Тому для нормалізації сигналу застосовується фільтр низьких частот. Це повинен бути Баттерворт 2-го порядку, а фільтрацію слід виконувати у прямому-зворотному фільтрі з метою зменшення фазового спотворення сигналу профілю [18]. Г.4 для отримання детальної інформації.

На цьому етапі обробки повинні бути підраховані загальні недійсні показання профілю (викиди й видалення піків) (у відсотках від загального профілю).

Г.3.7 Видалення екстремальних значень СГС (просторова область, необов'язково, лише для визначення СГС)

Навіть якщо всі вищезазначені процедури будуть застосовані, під час розрахунку СГС є екстремальні значення, деякі з яких можуть бути «справжніми» або «цікавими». Приклади значень, які не є «справжніми», включають, якийсь предмет або бруд, що пролітає між поверхнею та датчиком лазера, або якщо на поверхні тимчасово лежать камені або сміття. Інша причина може полягати в тому, що сигнал потрапляє в тріщину або стик між бетонними плитами, який є достатньо широким, щоб пропустити його при виявленні викидів і піків. Нарешті, в деяких системах профіль іноді настільки шорсткий, що лазерний сигнал потрапляє на поверхню в точці за межами допустимого діапазону вимірювання. З цієї причини існує можливість ігнорувати екстремальні значення СГС.

Ця процедура являє собою 3-точковий медіанний фільтр, 7.10.

Г.4 Допомога щодо проектування фільтрів

Цей пункт дає більш інформативні рекомендації щодо конструкції фільтрів, які необхідні для нормалізації різкості профілю та видалення уклонів і довгохвильових компонентів. Фільтр повинен бути типу Баттерворта 2-го порядку з фільтром нижніх частот з відсіченням на 3 мм і фільтром верхніх частот з відсіченням на довжині хвилі 140 мм. Фільтрація повинна бути виконана у прямому-зворотному фільтрі з метою зменшення фазового спотворення сигналу профілю [18]. Для цього повинен бути розроблений фільтр Баттерворта 2-го порядку з відрегульованою довжиною хвилі відсічення (-3 дБ) на 2,40 мм, який потім застосовується в прямому і зворотному напрямках. Це забезпечить бажані функції. Для високочастотного фільтра відрегульована довжина хвилі відсікання (- 3 дБ) становить 174,2 мм.

Цифровий фільтр може бути легко реалізований через рекурентне співвідношення. Для фільтра Баттерворта 2-го порядку нижніх частот, застосовуючи фільтр першого порядку в прямому-зворотному напрямках до дискретної послідовності, x (тобто дані), це можна записати як

$$y_i = (x_{i-2} + 2x_{i-1} + x_i) / A_0 + A_1 y_{i-2} + A_2 y_{i-1}, \quad (\text{Г.1})$$

де A_0 , A_1 і A_2 – коефіцієнти, які визначаються частотою відсічення та роздільною здатністю за методом білінійного перетворення.

Відфільтровані дані потім подаються у y . Однак перші два значення даних не змінюються. Формулу (Г.1) потім слід застосовувати двічі, вдруге - для даних у зворотному порядку.

Для фільтра Баттерворта 2-го порядку верхніх частот, що застосовується в прямому-зворотному напрямку до дискретної послідовності, x (тобто дані), це можна записати як

$$y_i = (x_{i-2} - 2x_{i-1} + x_i) / A_0 + A_1 y_{i-2} + A_2 y_{i-1}. \quad (\text{Г.2})$$

Формула (Г.2) також застосовується двічі, вдруге - для даних у зворотному порядку.

Формули можна легко представити в електронній таблиці або на будь-якій мові програмування. Коефіцієнти та необхідні параметри фільтра представлені в таблиці (Г.2). Вони були розраховані з використанням MATLAB®. Всі цифри після коми слід використовувати, щоб уникнути поганої пропускну здатності фільтра.

Після застосування фільтрів 2-го порядку в обох напрямках уклон відсічення буде аналогічний фільтру 4-го порядку, тобто матиме уклон відсічення близько 24 дБ / октава.

Через неминучу нестабільність сигналу на початку та в кінці кожного фільтруючого процесу слід вважати перший та останній сегменти СГС недійсними. Це вимагає, щоб відфільтрований сигнал містив сегменти як до, так і після дійсного відрізка профілю. Ці кінцеві сегменти не використовуються для розрахунку СГП.

Таблиця Г.2 — Параметри фільтра Баттерворта 2-го порядку нижніх та верхніх частот при застосуванні в прямому-зворотному напрямку, в результаті чого довжина хвилі відсікання становить 3 мм і 140 мм відповідно при застосуванні в обох напрямках

Інтервал повторної вибірки mm	Довжина хвилі відсікання mm	A_0	A_1	A_2
Низькочастотний				
0,5	3 (2,40)	4,541 435 369 517 87	-0,188 345 160 884 045	0,307 566 359 792 21
1,0	3 (2,40)	1,450 734 151 687 5	-0,477 592 250 072 517	-1,279 632 424 997 81
Високочастотний				
0,5	140 (174,2)	1,012 833 907 191 07	-0,974 817 997 723 097	1,974 496 861 900 19
1,0	140 (174,2)	1,025 832 570 015 15	-0,950 270 130 608 283	1,949 001 657 906 79

2) MATLAB® є торговою маркою продукції, що постачається компанією MathWorks. Ця інформація надана для зручності користувачів цього стандарту і не є схваленням ISO цього продукту.

ДОДАТОК Д
(нормативний)

ПРОЦЕДУРА ВИДАЛЕННЯ ПІКІВ

Д.1 Загальна інформація

Як зазначено в 5.8 та в додатку Г, рекомендується, щоб лазерні профілометри були обладнані системою для виявлення недійсних показань. Для кожної точки даних слід вимірювати спостережувану інтенсивність світла лазерної плями, і, якщо інтенсивність світла нижче заданого граничного значення, відповідну точку даних слід позначати як недійсну або «викид». Проте, ця система може робити помилки, а іноді викиди не визнаються як такі. Це може призвести до «фантомних» піків у профілі, що може серйозно змістити результати (наприклад, СГП, що розраховується за профілем).

Тому доцільно застосовувати апостеріорну процедуру щодо вимірюваного профілю шорсткості для видалення «підозрілих» високих та гострих піків. Процедура, що описана в цьому додатку, призначена для включення у ланцюг обробки даних після опрацювання недійсних показань, як описано в 7.3; тобто показання, що випадають, замінюються значеннями, які інтерполуються між найближчими дійсними показаннями до того, як відбудеться видалення піків. Таким чином, видалення піків призначене для виключення тих піків, які «прослизують» під час процедури видалення викидів.

Процедура, в основному, складається з присвоєння статусу «недійсне» значенням точок даних, які відповідають певним критеріям, навіть якщо вони не були визнані як викиди під час вимірювання. Процедура, яка називається процедурою «надмірного уклону», дуже проста:

Розглянемо профіль з амплітудою z_i , що належить до індексу горизонтального положення i має розмір кроку Δx . Критерієм для присвоєння апостеріорного статусу недійсного значення в i -й точці даних є:

$$|z_i - z_{i-1}| \geq \alpha * \Delta x, \quad (\text{Д.1})$$

де α – постійний коефіцієнт ($\alpha = 3$).

Примітка. Було встановлено, що $\alpha = 3$ є добрим вибором [21].

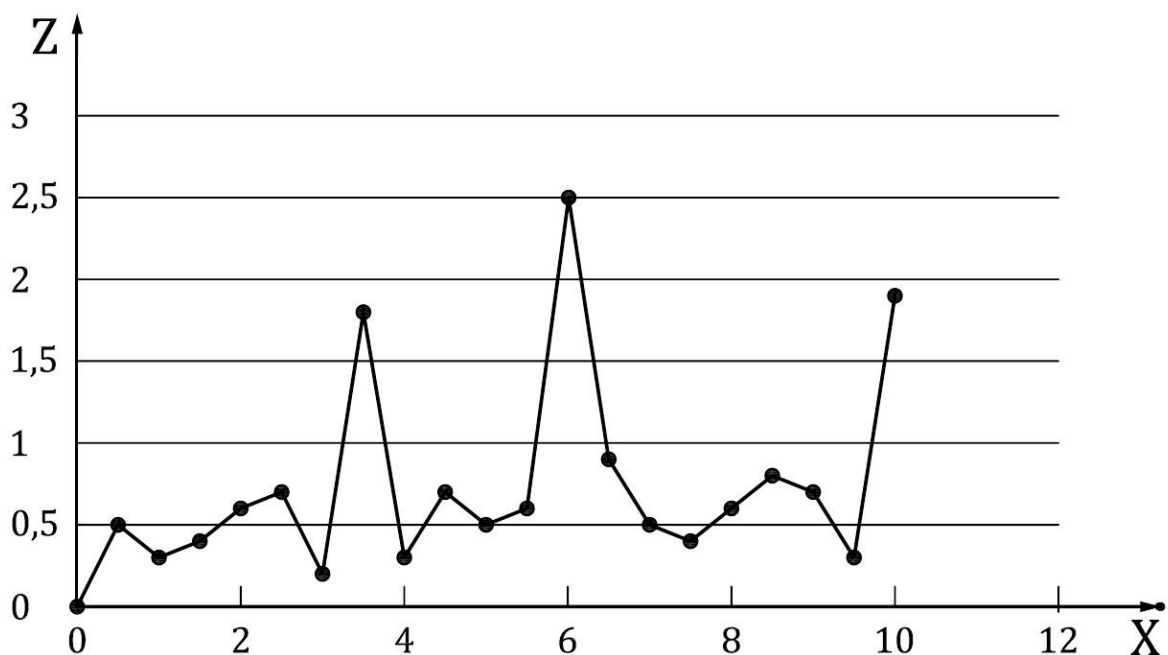
Критерій (Д.1) перевіряється для всіх i -х точок даних профілю. Після цього процедура слід повторити, але у зворотному напрямку.

Було встановлено, що значно складніша процедура видалення піків VTTI, представлена у посиланні [22], дає результати, які майже однакові у порівнянні з процедурою, що описана вище. Проте, процедуру VTTI не слід використовувати в цьому стандарті, оскільки існує ризик, що результати на деяких поверхнях мало відрізняються між процедурами.

Потім застосовується процедура інтерполяції для обробки викидів, як описано в 7.3.

Д.2 Приклад

Процедура проілюстрована на прикладі, див. рис. Д.1, Д.2 та Д.3.

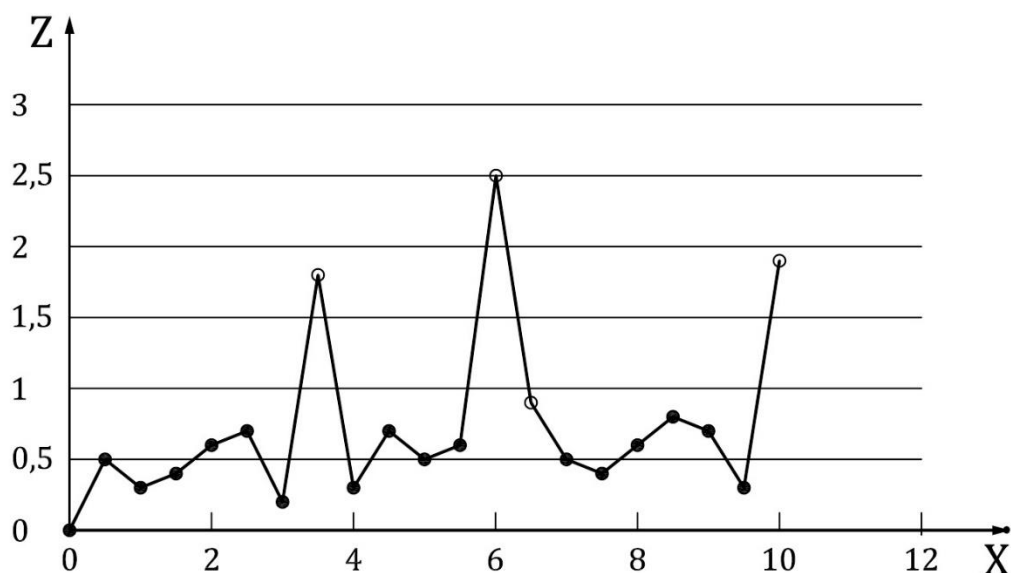


Умовні позначки:

X - дистанція, мм;

Z - амплітуда, мм.

Рисунок Д.1 – Виміряний профіль (як показано вище) підлягає аналізу

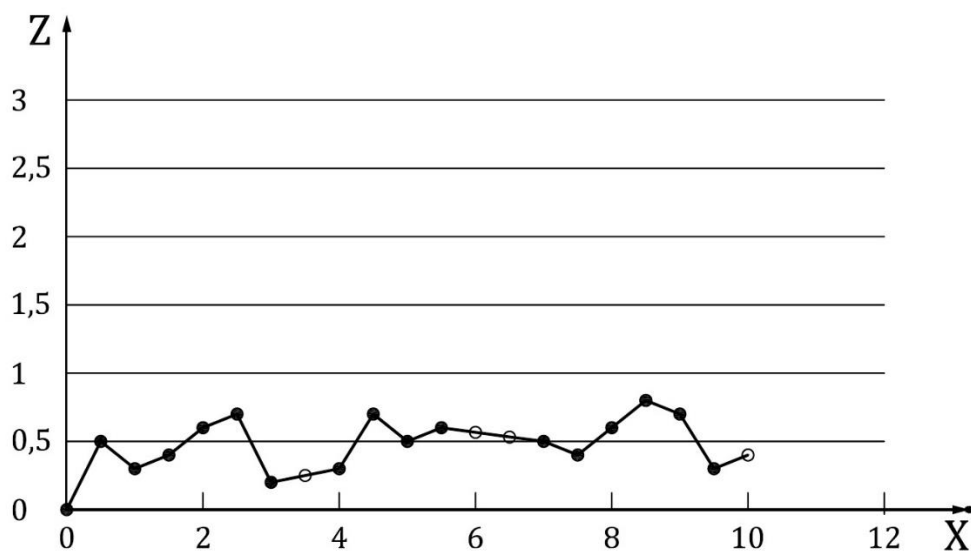


Умовні позначки:

x - дистанція, мм;

z - амплітуда, мм.

Рисунок Д.2 – Крок 1: В результаті процедури ідентифікації видалення піків чотири точки визначено як підозрілі показання (позначені як незаповнені кола)



Умовні позначки:

x - дистанція, мм;

z - амплітуда, мм.

Рисунок Д.2 – Крок 2: Недійсні показання замінюються інтерпольованими значеннями між найближчими дійсними показаннями (вказані як незаповнені кола)

ДОДАТОК Е (інформаційний)

НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ

Е.1 Загальна інформація

Результат застосування процедури, яка описана в цьому стандарті, може бути порушений декількома факторами та процесами. Причини і характер цих порушень хоча й відомі, але випадково розподілені неконтрольованим чином, або мають систематичний характер, але впливають на результат непередбачуваним чином.

Невизначеність результатів, які отримано під час вимірювань згідно з цим стандартом, може бути оцінена за процедурою, що наведена в ISO/IEC Guide 98-3, або за допомогою міжлабораторних порівнянь відповідно до [4]. Оскільки обширні між- та внутрішньо лабораторні дані відсутні, для оцінки невизначеності, що пов'язана з цим стандартом, використовувалася процедура, яка наведена в ISO/IEC Guide 98-3.

Відповідно до ISO/IEC Guide 98-3, ефекти оцінюються на основі їх внеску в об'єднану стандартну невизначеність, а потім встановлюється охоплення ймовірності, в результаті чого отримують коефіцієнт покриття k , на який помножується об'єднана стандартна невизначеність й одержують розширену невизначеність.

Щодо обґрунтованості методу, обмеження обговорюються в Додаток Б.

Е.2 Вираз для розрахунку значення СГП

Загальний вираз для визначення СГП представлено формулою:

$$d_{\text{СГП}} = d_{\text{СГП,вим.}} + \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5 + \delta_6 + \delta_7 + \delta_8, \quad (\text{Е.1})$$

де $d_{\text{СГП}}$ – величина, яка повинна бути визначена;

$d_{\text{СГП,вим.}}$ – СГП, що вимірюється та розраховується відповідно до процедури, яка наведена в цьому стандарті;

δ_1 – вхідна величина, яка враховує будь-яку невизначеність через бічні та поздовжні зміни шорсткості поверхні, що не вловлюються вимірюванням;

δ_2 – вхідна величина, яка враховує будь-яку невизначеність обладнання для вимірювання шорсткості;

δ_3 – вхідна величина, яка пов'язана з допустимим відхиленням для довжини сегмента;

δ_4 – вхідна величина, яка враховує невизначеність через вторинні відображення лазерного випромінювання на дорожньому покритті;

δ_5 – вхідна величина, яка враховує будь-яку невизначеність через корекцію викидів та видалення піків;

δ_6 – вхідна величина, яка враховує будь-яку невизначеність через зміни в процедурі обробки даних;

δ_7 – вхідна величина, яка враховує будь-яку невизначеність через вплив навколишнього середовища на пристрій вимірювання;

δ_8 – вхідна величина, яка враховує будь-яку невизначеність через вплив навколишнього середовища від вологості дорожнього покриття та інших забруднень.

Е.3 Джерела невизначеності

Джерела невизначеності пояснюються нижче.

δ_1 . СГП представляє певний сегмент випробувань. Однак через поздовжні та поперечні зміни шорсткості поверхні фактичний шлях вимірювання та вибір місця розташування сегмента викликають стохастичну невизначеність результату СГП.

δ_2 . Обладнання, що використовується для вимірювання шорсткості поверхні (або краще відстань між датчиком і поверхнею дороги), має обмежену точність через калібрування, шум в датчику, нелінійність та невизначеність роздільної здатності датчика. Забруднені лінзи можуть бути ще одним джерелом невизначеності.

δ_3 . Допустиме відхилення довжини сегмента може призвести до певної невизначеності.

δ_4 . Вторинні відображення лазерного світла (де це можливо) на дорожньому покритті, а також інші оптичні впливи матеріалу поверхні або

пилу в повітрі можуть ненавмисно вплинути на зчитування сигналу датчика, особливо для поверхонь, які певною мірою є глянцевиими і там, де відбивна здатність може істотно змінюватися. Вторинні відображення мають важливе значення лише тоді, коли лазерне світло потрапляє глибоко вниз по уклону профілю. Іншими оптичними впливами можуть бути світлорозсіювальні властивості каменів, зокрема через кристалічну структуру.

δ_5 . Застосування інтерполяції викидів та видалення піків передбачає небажані відхилення від справжнього профілю. Особливо чутливим є видалення піків, оскільки метод спирається на власне виявлення піків. Лише частково видалений пік може мати асиметричний ефект: пікове значення завжди вище, а не нижче. Також метод інтерполяції може мати (незначний) вплив.

δ_6 . На наступному етапі застосовується корекція уклону (для переривчастих вимірювань), високочастотна фільтрація (для безперервних вимірювань) і низькочастотна фільтрація, щоб отримати справжні профілі сегментів, з яких, нарешті, розраховується значення СГС. Залежно від того, як застосовуються ці процедури, а також через відмови транспортного засобу та нерівномірність профілю, можуть виникати невизначеності.

δ_7 . Навколишнє середовище може впливати на вимірювання; наприклад, якщо датчик був порушений сонячним блиском або іншим зовнішнім світлом, деякі датчики можуть бути чутливими до температури.

δ_8 . Навколишнє середовище може впливати на вимірювання; наприклад, вологість на поверхні може мати вплив у деяких випадках.

У Пункті Е.4, наведено приклад типового вимірювання ділянки дороги системою, що відповідає вимогам, викладеним в основній частині цього стандарту.

Примітка 1. Помічено, що вплив електронного фонового шуму в сенсорній системі має незначний вплив на значення СГП. На момент публікації неможливо представити процедуру виправлення цього, але вказівки дозволяють припустити, що сучасні сенсорні системи можуть збільшити (або, в деяких випадках, зменшити) виміряні значення СГП

максимум на 0,04 мм. Таким чином, це може мати суттєвий ефект, насамперед, під час вимірювання дуже гладких поверхонь.

Примітка 2. Вхідні величини у формулі (Е.1), що враховують невизначеності, - це ті, що вважаються прийнятними відповідно до стану знань на момент підготовки цього стандарту, але подальші дослідження можуть виявити, що є й інші.

Е.4 Оцінка невизначеності результатів методу

У цій стандартній процедурі можна виділити джерела невизначеності та результуючу стандартну невизначеність, як зазначено в таблиці (Е.1). Величина є невизначеність СГП в міліметрах. Величини, які наведено в таблиці (Е.1), є лише деякими приблизними оцінками як приклад для типового дорожнього покриття SMA в хорошому стані, в результаті чого значення СГП становить близько 1,0 мм. Розрахунок передбачає в середньому 10 значень СГС; в результаті СГП на відстані 1 м.

Загальний діапазон результатів вимірювань, очікуваний у цій процедурі, призводить до загальної невизначеності, яка представлена в таблиці (Е.2).

Таблиця Е.1 — Типові значення стандартних невизначеностей

Розміри в міліметрах

Величина	Джерело невизначеності	Оцінка	Розподіл ймовірностей	Стандартна невизначеність u_i	Коефіцієнт чутливості c_i	Складова невизначеності $c_{i u_i}$	Примітки
δ_1	Зміни шорсткості поверхні	0	нормальний	0,02	1	0,02	Приклад
δ_2	Невизначеність обладнання	0	нормальний	0,03	1	0,03	Приклад
δ_3	Допустиме відхилення довжини сегмента	0	нормальний	< 0,01	1	< 0,01	
δ_4	Вторинні відбиття на дорожньому покритті	0	нормальний	< 0,01 ^a	1	< 0,01 ^a	
δ_5	Корекція викидів та видалення піків дійсних значень	0	нормальний	0,002	1	0,002	Стандартні процедури
δ_6	Корекція уклону та/або фільтрування	0	нормальний	< 0,01	1	< 0,01	Стандартні процедури
δ_7	Вплив навколишнього середовища на пристрої вимірювання	0	нормальний	< 0,01	1	< 0,01	
δ_8	Вплив навколишнього середовища від дорожнього покриття	0	нормальний	< 0,01 ^b	1	< 0,01 ^b	
Складова об'єднаної стандартної невизначеності [$u(p)$]						0,04	Виключаючи δ_4 та δ_8
^a Значення для δ_4 дуже залежить як від поверхні, так і від обладнання; отже, типові значення представляти безглуздо ^b δ_8 дуже залежить від умов навколишнього середовища. Якщо вимоги та рекомендації в цьому стандарті повністю виконані, δ_8 зазвичай приймається як нуль.							

Примітка 1. Приведена вище оцінка передбачає, що включено щонайменше 1 000 значень СГС. Для коротшої довжини вимірювання, невизначеність може збільшуватися, тоді як вона може зменшуватися для більш довгих довжин вимірювання.

Примітка 2. Розрахунок передбачає, що значення СГП становлять 0,3 мм або вище. Нижче цього, фоновий шум у системі може мати значний вплив. Сукупне значення 0,04 передбачає, що δ_4 та δ_8 можна знехтувати, що, як правило, має місце, якщо цей стандарт дотримується.

Таблиця Е.2 — Типові значення розширеної невизначеності в цьому стандарті

Охоплення ймовірності, %	Розширена невизначеність, U мм
80	0,06
95	0,08

ДОДАТОК Ж (інформаційний)

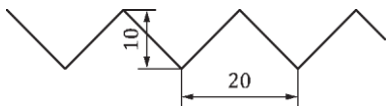
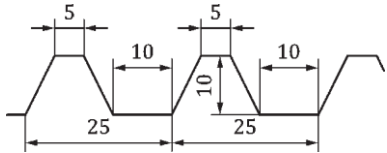
ПЕРЕВІРКА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

Поверхні, що наведено в таблиці (Ж.1) було визнано практичними для цілей перевірок працездатності відповідно до 5.8. Також можуть бути використані інші профілі.

Ці поверхні є прикладами, придатними для таких типів профілометрів:

- для всіх мобільних лазерів: поверхневий профіль, що обертається на краю диска;
- для всіх мобільних лазерів: виготовлені калібрувальні поверхні, які встановлюються на дорозі або колії;
- для мобільних та всіх стаціонарних пристроїв секціонування світла: пряма поверхня;
- для кругових вимірювачів шорсткості: диск або пластина, що має відповідний профіль.

Таблиця Ж.1 — Приклад представляє пару корисних поверхонь для перевірки працездатності

Тип профілю	Типовий профіль мм	Перевірка амплітуди?	Перевірка довжини хвилі?
Трикутна, з піком 10 мм і довжиною хвилі 20 мм		Значення RMS (середньо квадратичне відхилення) та СГП трикутної хвилі (для спектру: RMS основної)	Основна і гармоніки
Симетрична трапеція з піком 10 мм і довжиною хвилі 25 мм з базою 10 мм та верхнім рівнем 5 мм		Значення СГП трапецієвидної хвилі (для спектру: RMS основної)	Основна і гармоніки

Для трикутного профілю, значення СГП можуть бути чутливими до недосконалостей у системі відтворення різкості піків та нижніх частин профілю, тоді як RMS майже не впливає на такі недосконалості.

Номінальна СГП трикутного профілю, якщо ідеально профільована, становить 5,00 мм. Однак, при застосуванні низькочастотного фільтрування номінальна СГП на кілька відсотків нижча.

Для трапецієвидного профілю номінальне значення СГП становить 6,00 мм. У цьому випадку низькочастотна фільтрація повинна мати незначний вплив на значення.

Поверхні, що наведено в таблиці Ж.1, можуть бути оброблені кваліфікованою майстернею з високим ступенем механічної точності. Для оптичних профілометрів рекомендується поверхні очистити стиснутим повітрям та/або пофарбувати матовою фарбою чорним кольором для отримання дифузного вигляду, що забезпечить рівномірний розподіл відбитого світла. Відносна похибка в обробці та механічному вимірюванні може бути зменшена до незначних значень, якщо використовуються значення, які зазначені в таблиці Ж.1. Менші профілі підвищуватимуть відносні помилки.

На рисунку (Ж.1) показано приклад трикутного профілю, що призначений для обертання під датчиком. У цьому випадку круглий диск зазвичай обертають із окружною швидкістю 10 м/с. На рисунку (Ж.2) зображена плита довжиною 240 мм, що має трапецієвидний профіль, призначений для вимірювання лінійним скануванням. Останній сконструйований з 6 мм амплітудою, довжиною нижнього горизонтального поглиблення 3 мм та верхньою плоскою горизонтальною поверхнею, що дає основну довжину хвилі шорсткості 12 мм.

Якщо можливо, перевірку слід проводити зі швидкістю між поверхнею та профілометром, такою ж, що зазвичай використовується під час вимірювання (динамічне калібрування).

Однак з практичної точки зору і міркувань безпеки швидкість перевірки може бути обмежена до дещо нижчих значень, ніж фактичні швидкості вимірювання на дорозі, наприклад, до 10 м/с. Для поверхонь, що обертаються, це може бути досягнуто зі швидкістю обертання, що дає відповідний профіль руху під датчиком (останній з яких не рухається). Це може бути практичним розробляти такі системи з вимірювальним колом, що

має окружність 1 м, щоб мати просте співвідношення між швидкістю обертання та моделюванням швидкості вимірювання.

В якості альтернативи, перевірки можна легко здійснити, якщо перевірений профіль встановлений на рулоні динамометра, над яким розміщений датчик.

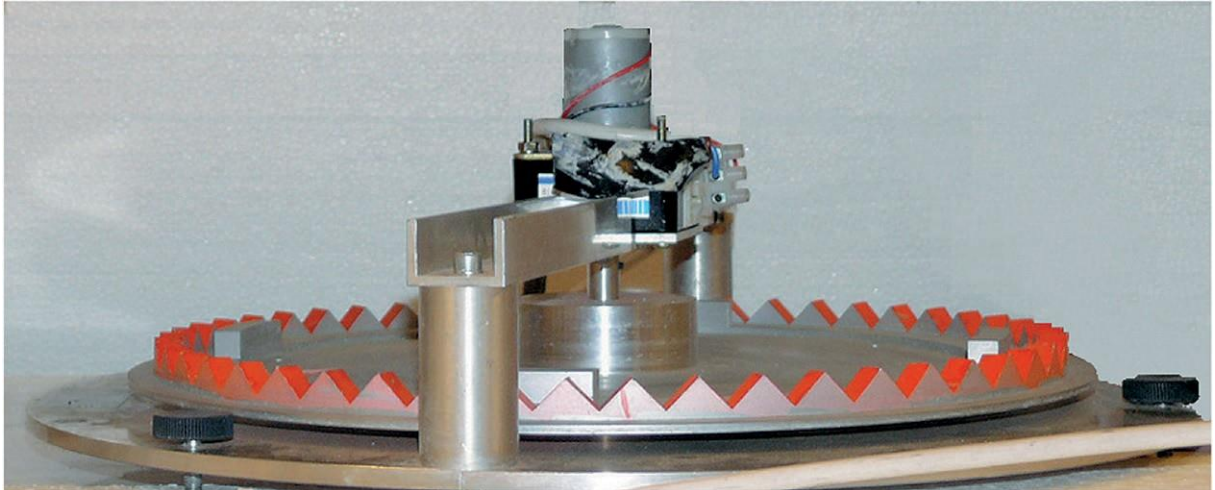


Рисунок Ж.1 – Пристрій перевірки профілометрів за допомогою безперервного трикутного профілю (амплітуда піка – 10 мм, основна довжина хвилі шорсткості – 20 мм)

Примітка 1. В середині трикутного профілю розташовані чотири прямокутні прокладки, що забезпечують перевірку кроком 10 мм.

Вищеописана процедура може бути використана також для проведення спектральної перевірки, зокрема при використанні трикутного профілю. Зверніться до підручника з аналізу сигналів або перетворення Фур'є (прямокутне вікно), щоб побачити, які спектральні частоти генеруються трикутною кривою. Потім дуже ретельно застосуйте методику спектрального аналізу, враховуючи ефективність фактичного використовуваного тимчасового вікна. Зосередьтеся на основній частоті (20 мм у прикладі в Таблиці Ж.1). Для амплітуди трикутного профілю, що має 10 мм пік, значення RMS на основній спектральній частоті можна розрахувати до 69,1 дБ відносно 10^{-6} м RMS (див. ISO 13473-2 та ISO/TS 13473-4), якщо вікно не впливає на амплітуду на досліджуваній частоті. Це можна використовувати для встановлення вертикальної шкали як спектра,

так і значення СГП. Амплітуда першої та другої гармонік спектру (перевищує основну частоту в 3 та 5 разів) може бути використана для перевірки лінійності профілю, а також частотної характеристики; знову зважаючи на ефект часового вікна.



Рисунок Ж.2 – Пристрій перевірки профілометра за допомогою трапецієвидного профілю (амплітуда – 6 мм, основна довжина хвилі шорсткості – 12 мм)

Коли застосовується видалення уклону щодо вимірюваного профілю досліджуваної поверхні з відносно великою довжиною хвилі шорсткості, на уклон можуть в деякій мірі впливати початкова і кінцева точки профілю. Альтернативні способи уникнути цієї проблеми такі:

а) В основу перевірки покладіть значення RMS профілю, що досліджується. Використовуйте довжину хвилі шорсткості не більше 20 мм і довжину зразка, що достатня для покриття щонайменше 20 періодів, або використовуйте довжину зразка таким чином, щоб початковий та кінцевий сегменти профілю були симетричними.

б) Використовуйте довжину хвилі шорсткості не більше 20 мм для перевірки та довжину зразка, достатньо довгу, щоб покрити принаймні 20 періодів, або використовуйте довжину зразка таким чином, щоб початковий та кінцевий сегменти профілю були симетричними.

ДОДАТОК И

(інформаційний)

БЛОК-СХЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СГС ТА СГП

Три рисунки, що наведено нижче, ілюструють вибір обладнання та процедур вимірювання та обробки в цьому стандарті на базі блок-схем. Вони поділяються на три основні типи процедур:

- перевірка властивостей обладнання; див. рис. И.1. Це рекомендується робити один раз на рік або частіше, якщо є причини підозрювати, що продуктивність профілометра могла змінитися;
- збір та попередня обробка даних; див. рис. И.2;
- розрахунок СГС та СГП; див. рис. И.3.

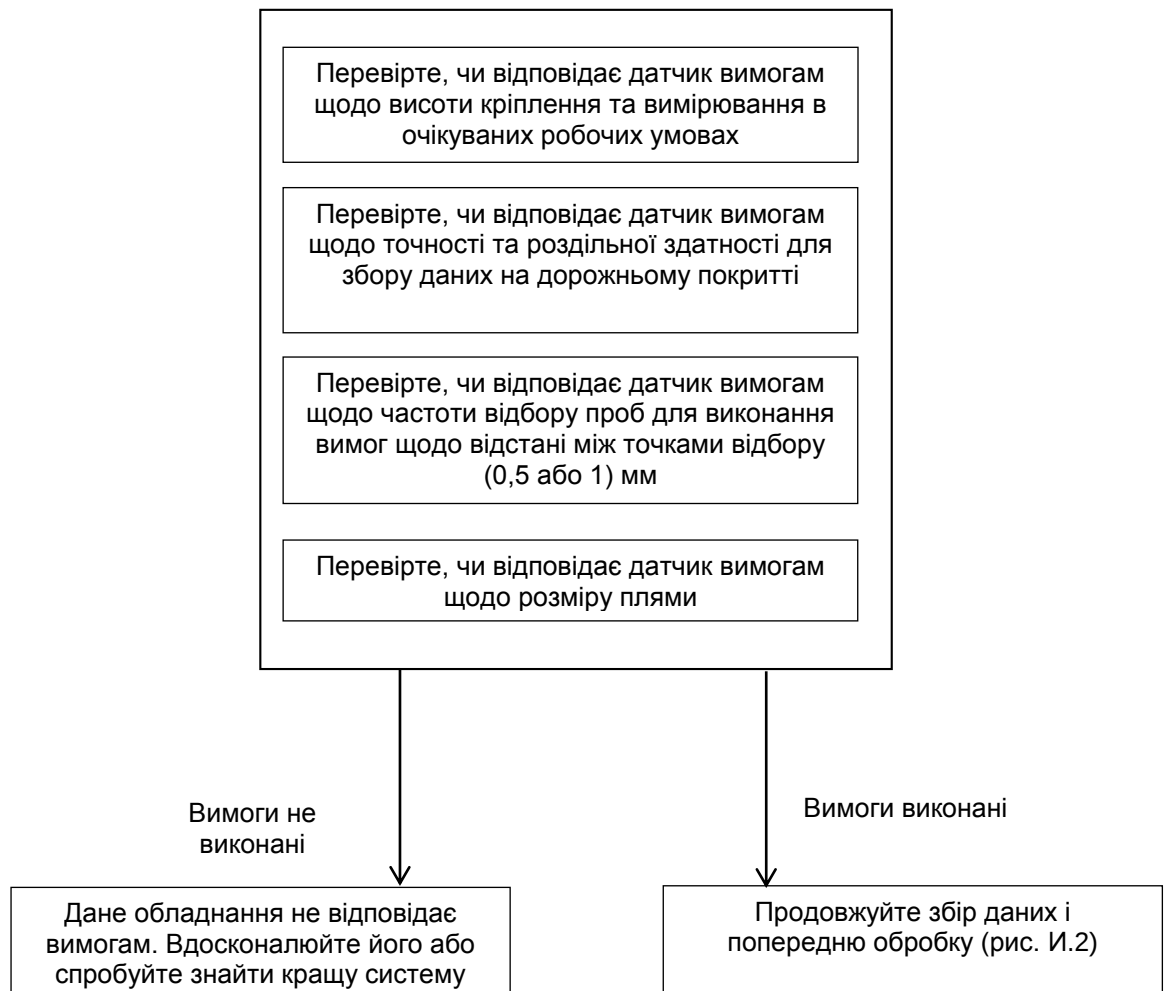


Рисунок И.1 — Перевірка властивостей обладнання

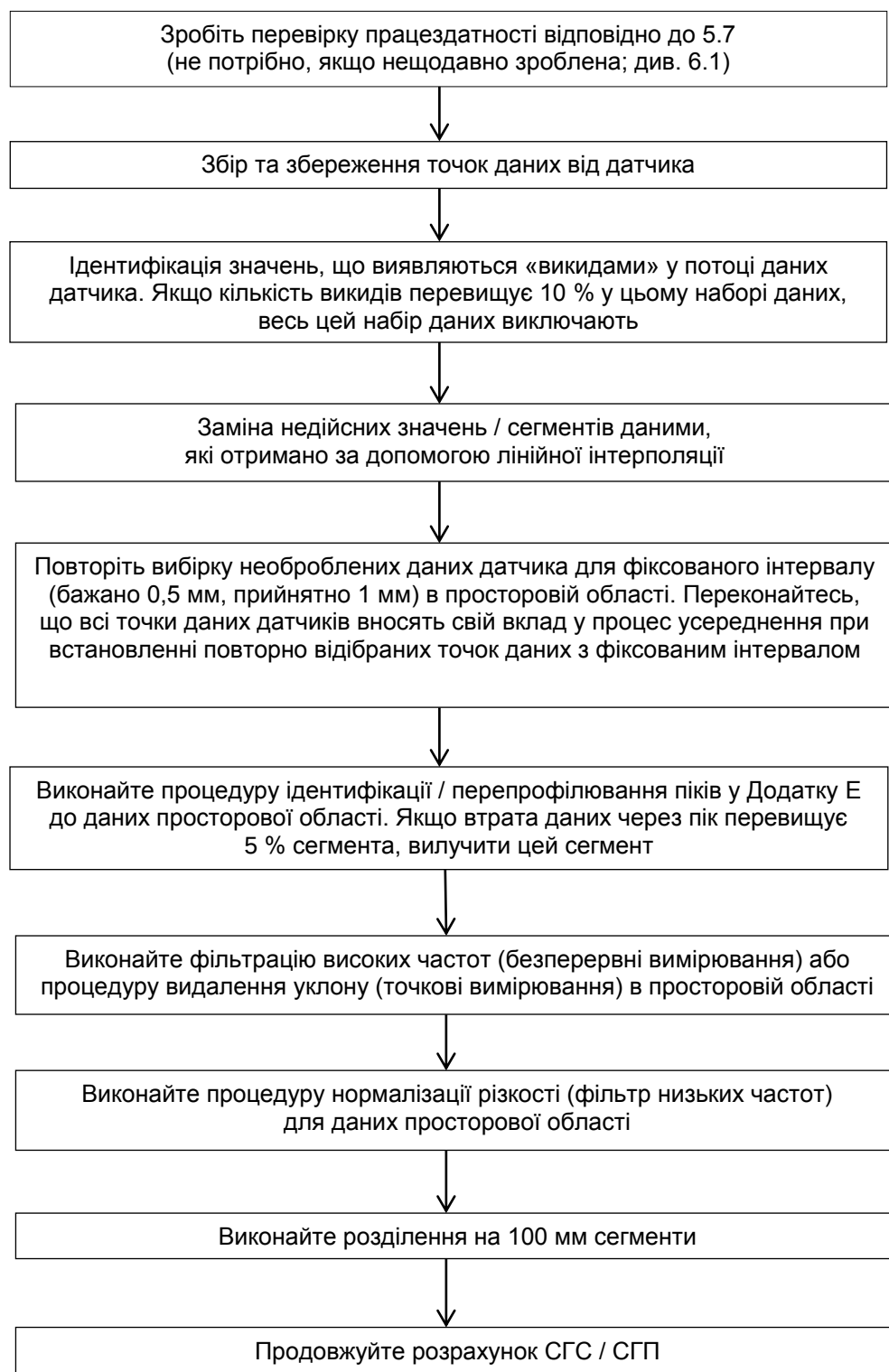


Рисунок И.2 — Збір та попередня обробка даних

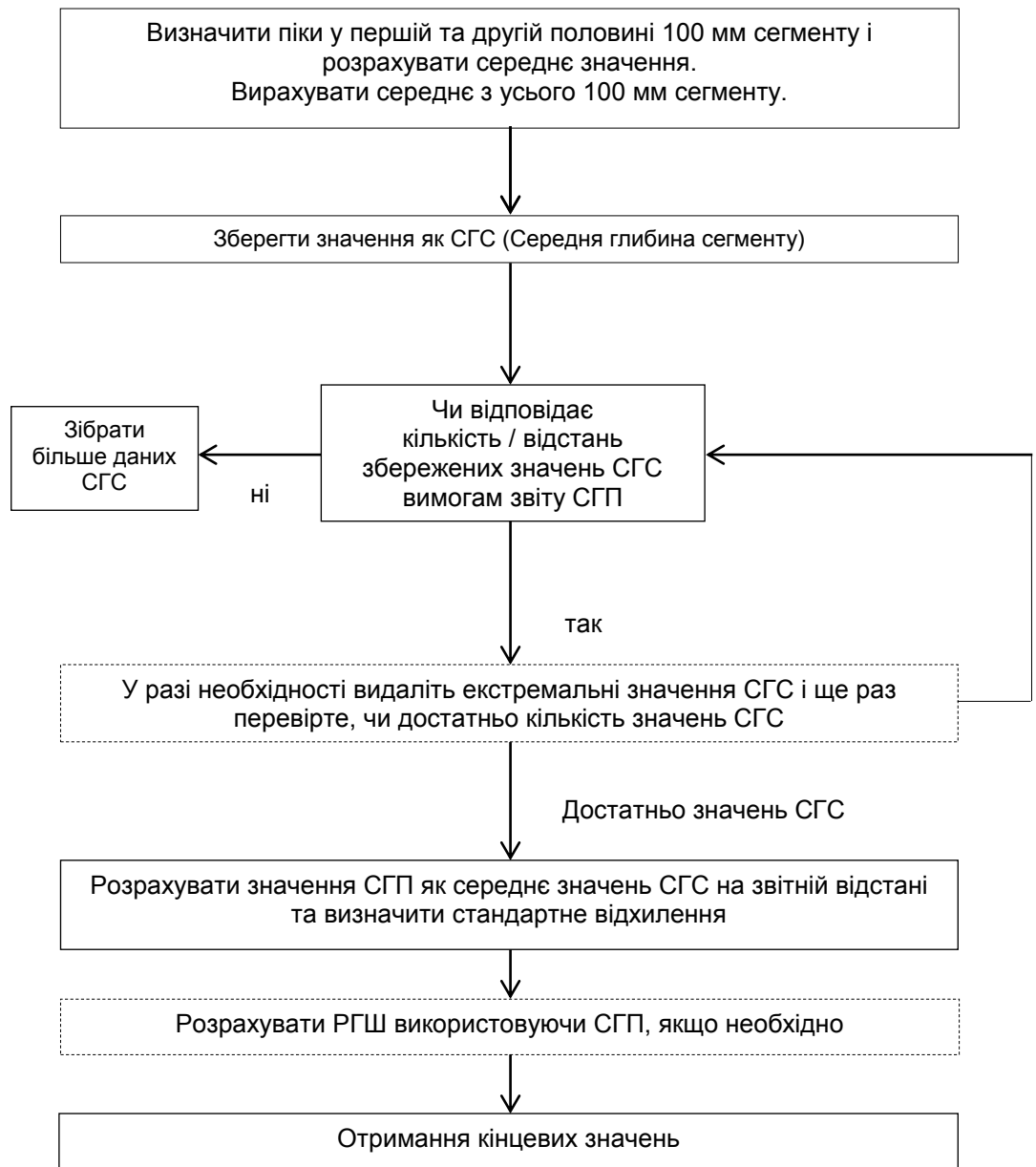


Рисунок И.3 — Розрахунок СГС та СГП

Примітка. Блоки з пунктирними рамками необов'язкові.

БІБЛІОГРАФІЯ

- 1 ISO 3274, Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Nominal characteristics of contact (stylus) instruments
- 2 ISO 4287, Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Terms, definitions and surface texture parameters
- 3 ISO 4288, Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Rules and procedures for the assessment of surface texture
- 4 ISO 5725 (all parts), Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results
- 5 ISO 10844:1994, Acoustics — Specification of test tracks for measuring noise emitted by road vehicles
- 6 ISO 10844:2014, Acoustics — Specification of test tracks for measuring noise emitted by road vehicles and their tyres
- 7 ISO 13473-2, Characterization of pavement texture by use of surface profiles — Part 2: Terminology and basic requirements related to pavement texture profile analysis
- 8 ISO/TS 13473-4, Characterization of pavement texture by use of surface profiles — Part 4: Spectral analysis of surface profiles
- 9 ISO 13473-5, Characterization of pavement texture by use of surface profiles — Part 5: Determination of megatexture
- 10 ASTM E1845-15, Standard Practice for Calculating Pavement Macrot texture Mean Profile Depth
- 11 ASTM E2157-15, Standard Test Method for Measuring Pavement Macrot texture Properties Using the Circular Track Meter
- 12 EN 12697-40:2012, Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 40: In-situ drainability
- 13 EN 13036-1:2010, Road and airfield surface characteristics. Test methods. Measurement of pavement surface macrot texture depth using a volumetric patch technique

14 EN 13036-3:2003, Road and airfield surface characteristics. Test methods. Measurement of pavement surface horizontal drainability

15 Wambold. J.C.; Antle, C.E.; Henry, J.J.; Rado, Z.; Descornet, G.; Sandberg, U.; Gothié, M.; Huschek, S. (1995): “International PIARC Experiment to Compare and Harmonize Texture and Skid Resistance Measurement”. Final report, No. 011.043, to the Technical Committee on Surface Characteristics, World Road Association (PIARC), Paris, France. The report is out of print, but may be downloaded at: <http://www.piarc.org/en/order-library/3826-en-International%20Experiment%20to%20Compare%20and%20Harmonize%20Skid%20Resistance%20and%20Texture%20Measurements.htm>

16 Piarc. (1987): “Optimization of Surface Characteristics”. Report to the XVIIIth World Road Congress 1987 in Brussels, Belgium, from the Technical Committee on Surface Characteristics, World Road Association (PIARC), Paris, France

17 Goubert L. 2004): “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”. Proc. of the 5th International Symposium on Pavement Surface Characteristics of Roads and Airfields (SURF 2004), June 6-10 2004, Toronto, Ontario, Canada

18 Pratt W.K. Digital Image Processing. John Wiley & Sons, 1978, pp. 330–3

19 Klein. P.; Hamet, J.-F. (2004): Road texture and rolling noise. An envelopment procedure for tire/ road contact. Technical report LTE 0427, INRETS, France. Can be downloaded free of charge from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00546120>

20 Gottaut. C.; Goubert, L. (2017): “Texture-based descriptors for road surface properties and how they can be used in the appropriate standards”. ROSANNE Deliverable D4.2, project ROSANNE (<http://www.rosanne-project.eu/documents>)

21 Goubert L., & Katicha S. 2018): “Spike removal from texture profiles: a comparison of two approaches”. Proceedings of the 8th Symposium on Pavement Surface Characteristics (SURF 2018), Brisbane, Australia, 2-4 May 2018

22 Katicha S.W., Mogrovejo D.E., Flintsch G.W., De Leon Izeppi E.D. 2015): Adaptive spike removal method for high speed pavement macrotexture measurements by controlling the false discovery rate. Transp. Res. Rec., 2525, pp. 100–110

Код згідно ДК 004 93.080.10

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