

Гамеляк І. П., Харченко А. М., Дмитриченко А. М.

ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА СТАНУ ПОКРИТТЯ З МЕТОЮ ВСТАНОВЛЕННЯ ВПЛИВУ ДЕФЕКТІВ ТА РУЙНУВАНЬ НА ЗМІНУ НЕСНОЇ ЗДАТНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Науково-практичний посібник



Київ
Видавничий дім «Інтернаuka»
2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гамеляк І. П., Харченко А. М., Дмитриченко А. М.

**ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА
СТАНУ ПОКРИТТЯ З МЕТОЮ
ВСТАНОВЛЕННЯ ВПЛИВУ
ДЕФЕКТІВ ТА РУЙНУВАНЬ НА
ЗМІНУ НЕСНОЇ ЗДАТНОСТІ
КОНСТРУКЦІЙ ДОРОЖНЬОГО
ОДЯГУ АВТОМОБІЛЬНИХ
ДОРІГ**

Науково-практичний посібник

Київ
Видавничий дім «Інтернаука»
2025

УДК 93.080.20

П78

DOI: 10.25313/GHD2025

Рецензенти:

В.І. Каськів, канд. техн. наук, доцент, заступник директора з наукової роботи, Державне підприємство «Національний інститут розвитку інфраструктури».

Г.С. Саркісян, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Науково-практичний посібник підготовлено за матеріалами, отриманими в рамках виконання проекту 2023.04/0097 «Створення технології і системи оперативного аналізу та управління станом цементобетонних покриттів об'єктів критичної інфраструктури за спектрально фото-інформаційними образами», фінансованого Національним фондом досліджень України.

Розробники:

Д-т техн. наук, професор, завідувач кафедри системного проектування об'єктів транспортної інфраструктури та геодезії **Ігор ГАМЕЛЯК**

Д-т техн. наук, професор, професор кафедри транспортного будівництва та управління майном **Анна ХАРЧЕНКО**

Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри системного проектування об'єктів транспортної інфраструктури та геодезії **Андрій ДМИТРИЧЕНКО**

Гамеляк І. П.

Експертна оцінка стану покриття з метою встановлення впливу дефектів та руйнувань на зміну несної здатності конструкцій дорожнього одягу автомобільних доріг: Науково-практичний посібник / Гамеляк І. П., Харченко А. М., Дмитриченко А. М. — К.: НТУ, «Видавничий дім «Інтернаука» 2025 р., 110 с.

У посібнику розглянутий аналіз вітчизняних нормативних документів та зарубіжних досліджень щодо застосування сучасних методів визначення рівня руйнувань та деформацій дорожнього одягу, розроблено комплекс кількісних критеріїв оцінки рівня дефектності дорожнього одягу, розроблений каталог дефектів та руйнувань цементобетонного покриття за результатами тепловізійного обстеження.

© Гамеляк І. П., 2025

© Харченко А. М., 2025

© Дмитриченко А. М., 2025

© НТУ, 2025

© Видавничий дім «Інтернаука», 2025

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Аналіз методів визначення ступеню пошкодження цементобетонних покриттів автомобільних доріг та аеродромів.....	6
1.1. Загальні положення	6
1.2. Аналіз вітчизняних нормативних документів щодо застосування сучасних методів визначення рівня руйнувань та деформацій дорожнього одягу	7
1.3. Методи оцінки пошкоджень.....	8
2. Аналіз діючих сучасних методів визначення ступеню пошкодження цементобетонних покриттів об'єктів критичної інфраструктури	24
2.1. Досвід Німеччини	24
2.2. Досвід США	30
2.3. Досвід OECD.....	34
2.4. Досвід Франції	35
2.5. Досвід PIARC.....	40
3. Каталог дефектів та руйнувань цементобетонного покриття жорстких дорожніх одягів за результатами тепловізійного обстеження.....	59
Висновки.....	105
Перелік джерел посилання.....	107

ВСТУП

Дорожні покриття знаходяться в складних умовах експлуатації. На них в процесі служби діють численні несприятливі фактори, до основних з яких відносять:

- атмосферні опади;
- коливання температури;
- змінне заморожування-відтанення води в порах і в місцях пошкодження;
- сонячна радіація;
- забруднення води і повітря агресивними хімічними речовинами, які викидаються промисловістю;
- антиожеледні реагенти;
- рідкі нафтопродукти і кислоти, що потрапляють на поверхню в процесі проїздів транспортних засобів;
- продукти згоряння палива в двигунах;
- циклічні навантаження при русі важкого транспорту, що викликають складний несприятливий напружено-деформований стан покриття в різних конструктивних шарах.

Дія несприятливих експлуатаційних факторів спричиняє деградацію та передчасний вихід з ладу дорожніх покриттів у процесі їхньої експлуатації. Пошкодження дорожнього покриття ініціює та значно прискорює погіршення несної здатності конструкції за рахунок, перш за все, таких ключових механізмів як водно-тепловий режим та динамічне навантаження. Зокрема, порушення цілісності покриття (наприклад, тріщинами чи вибоїнами) створює умови для інфільтрації атмосферної вологи в конструктивні шари дорожнього одягу. Це призводить до зниження міцності та модуля пружності матеріалів, особливо у шарах основи та додаткових шарах. Наявність нерівностей (колійність, вибоїни, напливи) на зруйнованій поверхні покриття спричиняє підвищення динамічного впливу від ударних

навантажень коліс транспортних засобів. Зростання інтенсивності цього динамічного навантаження може призвести до перевищення граничних станів міцності та деформативності матеріалів у конструктивних шарах дорожнього одягу. Таким чином, дефекти покриття виступають як каталізатор подальших руйнівних процесів, що потенційно веде до руйнування всього дорожнього одягу. Як показує досвід, найбільш часто розвиваються такі види пошкоджень: поперечні температурні тріщини; тріщини над швами і стиками; сітка тріщин; поздовжні тріщини; напливи, зсуви; просідання; лущення, викришування; колійність; ямковість, вибоїни.

Інтенсивність накопичення пошкоджень в дорожніх одягах в процесі служби обумовлена вибором матеріалів та конструкцій, технології виготовлення дорожньо-будівельних матеріалів та розбудови доріг, якістю матеріалу та зміною його властивостей в часі, агресивністю навколишнього середовища, величиною та режимами навантаження на дорожній одяг транспортними засобами, надмірною втратою міцності та довговічності матеріалу через невчасні підсилення та інші ремонтно-відновлювальні заходи.

Вплив факторів, які викликають пошкодження дорожніх одягів, взаємопов'язаний. Тому за фактом пошкодження важко встановити, що було причиною і що більше сприяло утворенню та розвитку даного виду дефекту. Однак, в цілому можна виділити три основних показника, які в загальному пояснюють причини виникнення пошкоджень:

- 1) недосконалість конструкції дорожнього одягу;
- 2) надмірна руйнівна дія навантаження;
- 3) несприятливі кліматичні умови і оточуюче середовище.

Кількість відомих пошкоджень досить велика і різноманітна, також вона неунормована як слід у нормативних джерелах. Таким чином, метою даного посібника є розгляд питання, яким чином на сьогоднішній день відбувається ідентифікація дефектів дорожніх покриттів візуальними методами та пропозиція власної інтерпретації каталогу дефектів та руйнувань цементобетонного покриття жорстких дорожніх одягів за результатами тепловізійного обстеження.

1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЮ ПОШКОДЖЕННЯ ЦЕМЕНТОБЕТОННИХ ПОКРИТТІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ТА АЕРОДРОМІВ

1.1. Загальні положення

Цементобетонні покриття широко застосовуються в дорожньому та аеродромному будівництві завдяки їх високій міцності, довговічності та стійкості до впливу навантажень. Однак, з часом вони зазнають пошкоджень через механічні, кліматичні та хімічні впливи. Оцінка ступеню пошкодження є важливим етапом для визначення необхідності ремонтних заходів та прогнозування залишкового ресурсу покриття.

Цементобетонні покриття, незважаючи на свою міцність, з часом піддаються різним видам пошкоджень. Ці пошкодження можуть бути спричинені різноманітними факторами, як природними, так і антропогенними. До основних методів пошкодження таких покриттів відносяться: фізичні фактори, термічні напруження, перепади температур при різких змінах температури, бетон розширюється і стискається, що призводить до появи тріщин, пожежі — високі температури можуть призвести до руйнування структури бетону; морозна дія; вода в порах бетону. При замерзанні вода розширюється, що створює внутрішні напруження і призводить до руйнування бетону. Абразивне зношування: дія транспорту; рух транспортних засобів, особливо важкого, призводить до стирання поверхні бетону. Часто пошкодження цементобетонних покриттів відбувається в результаті комплексного впливу різних факторів. Наприклад, тріщини, що виникли внаслідок температурних напружень, можуть бути розширені в результаті дії агресивного середовища або механічних навантажень.

1.2. Аналіз вітчизняних нормативних документів щодо застосування сучасних методів визначення рівня руйнувань та деформацій дорожнього одягу

Основними видами пошкоджень цементобетонних покриттів, виходячи із загальної практики є:

- Тріщини (поздовжні, поперечні, сітчасті, температурні);
- Руйнування швів (відшарування, втрата герметизуючих матеріалів);
- Відшарування та лущення поверхні;
- Осідання та деформації плит;
- Утворення вибоїн та каверн.

В додатку Г ДСТУ 3587:2019 [1] наведено види пошкоджень дорожнього покриття, що впливають на безпеку дорожнього руху. В ДСТУ 3587:2019 також наведено гранично допустимі величини пошкоджень дорожнього покриття та строки їх ліквідації [1].

В документі ВБН В.2.3-218-186-2004 [2] наведено перелік, визначення, основні ознаки і причини дефектів дорожнього одягу нежорсткого типу, подано рекомендовані конструктивні і технологічні рішення при ремонті нежорстких дорожніх одягів перед укладанням шару підсилення. В цілому інформацію про дефекти дорожнього одягу, наведену в [3] слід визнати найбільш повною. Особливістю цієї інформації є те, що вказані причини дефектів та способи їх усунення. Особливістю нормативного документу [4] є те, що в ньому дефекти диференційовані за типами покриття, а також наведено методи вимірювання дефектів. В СОУ 45.2-00018112-042:2009 [4] наведено ідентифікаційні характеристики в залежності від типу руйнувань, подано критерії оцінки міри ураження дорожнього одягу руйнуваннями та деформаціями різних типів. Особливістю цього нормативного документу є те диференціація рівнів уражень та критерії віднесення до них.

1.3. Методи оцінки пошкоджень

Існують різні методи визначення ступеню пошкодження цементобетонних покриттів, які можна поділити на традиційні та сучасні (інноваційні).

1. Візуальна оцінка. Цей метод є найбільш поширеним та передбачає огляд поверхні покриття з фіксацією дефектів у карті ушкоджень. Переваги — простота та швидкість, недоліки — суб'єктивність оцінки та залежність від кваліфікації фахівця.

2. Дефлектографія. Метод передбачає вимірювання прогину плит під навантаженням для визначення їх несної здатності. Використовується спеціальна апаратура, що дозволяє оцінювати залишкову міцність покриття.

3. Ультразвукова діагностика. Застосовується для визначення внутрішніх дефектів, таких як порожнини, мікротріщини та неоднорідності структури бетону. Метод забезпечує високу точність, але потребує спеціального обладнання та кваліфікованого персоналу.

4. Фото-інформаційні методи. Ці методи включають використання цифрової фотограмметрії, тепловізійної зйомки, лазерного сканування та інших безконтактних технологій для оцінки стану покриття. Вони дозволяють отримувати об'єктивні дані та автоматизувати аналіз пошкоджень.

5. Георадарні дослідження. Метод базується на використанні електромагнітних хвиль для виявлення внутрішніх пошкоджень у товщі бетону та аналізу несних характеристик конструкції. Переваги — можливість комплексного дослідження без порушення структури покриття.

Порівняльний аналіз методів. Для порівняння методів оцінки пошкоджень використано такі критерії [13] (табл. 1.1):

- Точність (ступінь деталізації отриманих даних);
- Швидкість виконання обстеження;
- Вартість проведення досліджень;
- Можливість автоматизації.

PSI (Present Serviceability Index) для цементобетонних покриттів визначається за методикою, розробленою Американ-

Таблиця 1.1

**Порівняння основних методів обстеження
стану покриття**

Метод	Точність	Швидкість	Вартість	Автоматизація
Візуальна оцінка	Середня	Висока	Низька	Низька
Дефлектографія	Висока	Середня	Висока	Низька
Ультразвук	Висока	Середня	Висока	Низька
Фото-інформаційні методи	Висока	Висока	Середня	Висока
Тепловізійні дослідження	Висока	Середня	Середня	Середня
Георадарні дослідження	Висока	Висока	Висока	Висока

ською асоціацією державних службовців автомобільних доріг і транспорту (AASHTO) [13]. Він базується на таких параметрах дорожнього покриття:

Для жорстких (цементобетонних) покриттів PSI розраховується за формулою:

$$PSI = 5.41 - 1.80 / \log(1 + SV) - 0.09 (C + P) - 0.25 (F), \quad (1.1)$$

де SV (Slope Variance) — варіація поздовжнього профілю покриття (виражається у термінах IRI — International Roughness Index); C — кількість тріщин (враховуються як дрібні, так і великі тріщини на 100 м дороги); P — пошкодження швів та стиків цементобетонних плит (оцінюється як кількість дефектів на 100 м дороги); F — площа вибоїн та луцення покриття (m^2 на 100 м дороги).

Класифікація PSI:

4.0–5.0 — відмінний стан покриття, комфортний для руху;

3.0–4.0 — хороший стан, незначні дефекти;

2.0–3.0 — задовільний стан, можливі локальні пошкодження;

1.0–2.0 — поганий стан, потребує ремонту;

0.0–1.0 — аварійний стан, необхідна реконструкція.

Методи визначення PSI:

1. Інструментальні вимірювання нерівностей (профілографи, лазерні сканери);
2. Візуальна оцінка тріщин, пошкоджень швів та вибоїн (за допомогою фото-інформаційних методів);
3. Георадарні дослідження (оцінка внутрішніх дефектів та деформацій основи).

Використання PSI допомагає визначити залишковий ресурс покриття та обґрунтувати вибір необхідних ремонтних заходів.

Present Serviceability Index (PSI) для асфальтобетонних покриттів визначається за емпіричною формулою, розробленою Американською асоціацією державних службовців автомобільних доріг і транспорту (AASHTO). Він враховує нерівності покриття, наявність тріщин та пластичних деформацій.

Формула для розрахунку PSI для асфальтобетонних покриттів:

$$PSI = 5.03 - 1.38/\log(1 + SV) - 0.01 (C) - 0.32 (P) - 0.12(R), \quad (1.2)$$

де: *SV* (Slope Variance) — варіація позовжнього профілю покриття, зазвичай представлена через IRI (International Roughness Index); *C* — площа тріщин (у % від площі покриття на 100 м дороги); *P* — площа колійності (у мм); *R* — площа вибоїн та лущення (у % від загальної площі покриття).

Present Serviceability Rating (PSR) — це суб'єктивний метод оцінки стану дорожнього покриття на основі візуального огляду та відчуттів водіїв під час руху. Він використовується як спрощена альтернатива Present Serviceability Index (PSI), оскільки не потребує складних інструментальних вимірювань.

Методика визначення PSR/ PSR оцінюється за п'ятибальною шкалою (табл. 1.2).

Методи збору даних для PSR:

1. Експертне оцінювання: група інженерів або водіїв оцінює покриття під час руху.
2. Оцінка водіями: використання анкетування водіїв для збору суб'єктивних даних.

Таблиця 1.2

Оцінка PSR за характеристикою стану покриття

Оцінка PSR	Характеристика стану покриття
5.0	Відмінний стан: дуже рівна поверхня, немає тріщин, вибоїн чи колійності.
4.0–4.9	Хороший стан: мінімальні нерівності, можливі дрібні тріщини, незначні дефекти.
3.0–3.9	Задовільний стан: помітні нерівності, місцями тріщини, незначна колійність.
2.0–2.9	Незадовільний стан: значна колійність, вибоїни, великі тріщини, відчутний дискомфорт при русі.
1.0–1.9	Поганий стан: значні деформації, небезпечні вибоїни, серйозні дефекти, рух ускладнений.
0.0–0.9	Аварійний стан: практично непридатне для руху, потребує негайного ремонту.

3. Візуальна інспекція: дорожні служби проводять огляд покриття з оцінкою за п'ятибальною шкалою.

Відмінність між PSR та PSI: PSR — суб'єктивна оцінка, що базується на відчуттях водіїв та експертів. PSI — об'єктивний індекс, який розраховується на основі інструментальних вимірювань (IRI, тріщини, вибоїни, колійність). PSR зазвичай корелює з PSI, і для калібрування PSI часто використовуються суб'єктивні оцінки PSR.

PSR є корисним для швидкого оцінювання стану доріг, але для детального аналізу та планування ремонту необхідне використання PSI.

Аналітична залежність між Present Serviceability Rating (PSR) та Present Serviceability Index (PSI) була встановлена в результаті досліджень AASHTO під час дорожніх тестів у 1950-х роках. Для асфальтобетонних та цементобетонних покриттів ця залежність має наступну емпіричну форму:

$$PSI = 5.03 - 0.43 \times PSR, \quad (1.3)$$

або в еквівалентній формі:

$$PSR = \frac{5,03 - PSI}{0,43}, \quad (1.4)$$

PSI та PSR корелюють між собою, але PSI є об'єктивним показником, який враховує виміряні параметри (IRI, тріщини, колійність тощо), тоді як PSR ґрунтується на візуальному та суб'єктивному сприйнятті якості дороги.

При PSR = 5.0 (відмінний стан) значення PSI $\approx$ 2.88.

При PSR = 2.0 (поганий стан) значення PSI $\approx$ 4.17, що означає значну деформацію покриття.

PSI не може бути вище 5.0 за визначенням, що відповідає ідеальному стану дороги.

PSR використовується для швидкого суб'єктивного оцінювання під час польових обстежень.

PSI застосовується для проектування ремонтних робіт, оскільки базується на вимірюваннях параметрів покриття.

Для визначення реального зв'язку між PSI і PSR в конкретних умовах можуть використовуватися регіональні калібрувальні залежності.

Таким чином, знання PSR дозволяє оцінити PSI та навпаки, що корисно при аналізі дорожнього покриття без складних інструментальних досліджень.

Метод ACN-PCN (Aircraft Classification Number — Pavement Classification Number) використовується для оцінки несної здатності аеродромного покриття. Цей метод був розроблений Міжнародною організацією цивільної авіації (ICAO) і використовується для визначення того, чи може конкретне покриття аеродрому безпечно витримувати вагу певного літака.

Основна ідея полягає в порівнянні двох чисел: ACN (Aircraft Classification Number) і PCN (Pavement Classification Number). ACN визначає відносний вплив ваги літака на покриття, враховуючи стандартну міцність підстилки¹. PCN же відображає несну здатність покриття.

Якщо ACN літака менший або рівний PCN покриття, то літак може безпечно працювати на цьому покритті без обмежень.

Цей метод допомагає аеропортам визначати, які літаки можуть безпечно використовувати певні покриття.

В останні роки замість методу ACN-PCN в аеропортах України впроваджується метод ACR-PCR для оцінки стану асфальтового покриття.

ACR-PCR (Automated Crack Recognition — Pavement Condition Rating) — це сучасний автоматизований метод оцінки стану дорожнього покриття, який поєднує комп'ютерне розпізнавання тріщин (ACR) та загальну рейтингову систему оцінки стану покриття (PCR).

Суть методу ACR-PCR:

1. Автоматизоване розпізнавання тріщин (ACR). Використовуються високоточні камери та лазерні сканери, встановлені на дорожніх інспекційних транспортних засобах або дронах.

2. Зображення обробляються за допомогою алгоритмів комп'ютерного зору та штучно го інтелекту (AI) для ідентифікації тріщин, вибоїн, лушення та інших дефектів.

3. Використовуються методи глибокого навчання (CNN — Convolutional Neural Networks) для підвищення точності розпізнавання.

Виявлені дефекти класифікуються за типом, розміром та інтенсивністю. Дані інтегруються у систему оцінки загального стану покриття (PCR — Pavement Condition Rating).

Метод ACR-PCR (Automated Crack Recognition — Pavement Condition Rating) передбачає автоматизовану ідентифікацію та класифікацію дефектів дорожнього покриття за типом, розміром та інтенсивністю.

1. Класифікація дефектів за типом. Дефекти поділяються на основні категорії відповідно до стандартів AASHTO та ASTM:

- 1) Тріщини:

- Поздовжні (Longitudinal cracks) — з'являються вздовж напрямку руху транспорту.
- Поперечні (Transverse cracks) — утворюються перпендикулярно до осі дороги.

- Сітчасті (Alligator cracks) — нагадують «шкіру алігатора», сигналізують про втрату несної здатності основи.
- Крайові (Edge cracks) — з'являються вздовж краю дорожнього полотна.
- Тріщини швів (Joint cracks) — характерні для цементобетонних покриттів.

2) Деформації

- Колійність (Rutting) — постійні вм'ятини в зоні руху коліс транспорту.
- Гребені (Corrugation) — поперечні хвилеподібні деформації.
- Опуклості та западини (Depressions and bumps) — локальні нерівності покриття.

3) Руйнування покриття

- Вибойни (Potholes) — локальні зруйнування покриття із видаленням матеріалу.
- Лущення (Raveling) — поверхневе руйнування, викликане втратою зчеплення матеріалу.
- Відшарування (Delamination) — відокремлення верхнього шару покриття.

2. Класифікація дефектів за розміром. Дефекти вимірюються та класифікуються за такими параметрами:

1) Тріщини:

- Мікротріщини (ширина до 1 мм).
- Малі тріщини (1–3 мм).
- Середні тріщини (3–10 мм).
- Великі тріщини (понад 10 мм).

2) Вибойни:

- Малі (до 150 мм у діаметрі, глибина до 25 мм).
- Середні (150–300 мм, глибина 25–50 мм).
- Великі (понад 300 мм, глибина понад 50 мм).

3) Колійність:

- Незначна (< 10 мм).
- Середня (10–20 мм).
- Значна (> 20 мм).

3. Класифікація дефектів за інтенсивністю. Метод ACR-PCR оцінює інтенсивність дефектів за їхньою щільністю та розповсюдженням на поверхні дороги:

- Низька інтенсивність — дефекти займають менше 10% площі покриття.
- Середня інтенсивність — уражена 10–30% площі.
- Висока інтенсивність — дефекти займають понад 30% площі покриття.

Метод ACR-PCR використовує ці параметри для розрахунку індексу стану покриття (PCR) та визначення необхідних ремонтних заходів.

FAARFIELD (Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design) — це програмне забезпечення для розрахунку несної здатності та довговічності покриттів аеродромів та автомобільних доріг.

Для визначення Pavement Classification Rating (PCR) необхідно ввести такі характеристики цементобетону:

1. Механічні характеристики

- Модуль пружності (Elastic Modulus, E_c)
- Типові значення: 27–45 ГПа (4000–6500 ksi).
- Визначає жорсткість бетону та його здатність витримувати навантаження.
- Міцність на згин (Flexural Strength, S_f)
- Типові значення: 4,5–6,9 МПа (650–1000 psi).
- Використовується для розрахунку граничних навантажень та витривалості покриття.
- Коефіцієнт Пуассона (Poisson's Ratio, ν)
- Типове значення: 0,15–0,20.

Оцінювання технічного стану цементобетонних покриттів за методом PCI (Pavement Condition Index). Метод Pavement Condition Index (PCI) є широко використовуваним підходом для оцінки технічного стану цементобетонних (і асфальтобетонних) покриттів автомобільних доріг та аеродромів. Він розроблений Інженерним корпусом армії США (U.S. Army Corps of Engineers) та стандартизований в ASTM D5340 (для аеродромів) і ASTM D6433 (для автомобільних доріг).

Метод PCI ґрунтується на візуальному обстеженні покриття та визначенні рівня його пошкоджень, що дозволяє отримати об'єктивну оцінку стану дороги або злітно-посадкової смуги.

Основні етапи оцінювання:

1. Вибір репрезентативних ділянок. Покриття розбивається на ділянки (pavement sections), які мають однорідні умови експлуатації та конструкцію.

У кожній ділянці виділяються випробувальні площі (sample units), розмір яких залежить від типу покриття:

Для бетонних покриттів: від 20 до 50 м².

Для асфальтобетонних покриттів: від 40 до 200 м².

2. Ідентифікація дефектів та їх класифікація. Фіксуються дефекти за типом, інтенсивністю та площею пошкодження. Стандарт ASTM D5340 (для аеродромів) та ASTM D6433 (для доріг) визначає 19 основних типів дефектів цементобетонного покриття, серед яких:

- Поперечні та поздовжні тріщини
- Крайові руйнування
- Відшарування (шарування бетону)
- Ковзання плит (slab faulting)
- Піднімання (здиблення) плит (blow-up)
- Вибоїни та втрата матеріалу

3. Присвоєння вагових коефіцієнтів дефектам. Кожен тип пошкодження має різний вплив на довговічність покриття. Визначається частка покриття, уражена певним видом дефекту.

4. Розрахунок PCI за спеціальною формулою. PCI визначається у діапазоні від 0 до 100, де:

100 — ідеальне покриття без дефектів

85–70 — хороше покриття

55–40 — задовільний стан

25–10 — незадовільний стан

0 — повне руйнування покриття

Формула враховує зниження індексу внаслідок кожного виду дефектів та їх площу.

5. Аналіз та прийняття рішень. На основі PCI приймаються рішення щодо планування ремонтних робіт, зокрема:

$PCI \geq 85$ — профілактичне обслуговування

$PCI 70-55$ — середній ремонт

$PCI \leq 40$ — капітальний ремонт або реконструкція

Переваги методу PCI:

- Об'єктивність — оцінка базується на стандартизованих критеріях.
- Швидкість — можливість швидкого визначення стану покриття без складного обладнання.
- Простота — можливість використання як ручних, так і автоматизованих систем (наприклад, БПЛА або мобільних сканерів).
- Гнучкість — метод підходить як для доріг, так і для аеродромних покриттів.

Недоліки: суб'єктивний фактор — залежність від досвіду інспектора, не враховує структурну міцність покриття — PCI відображає лише поверхневий стан.

Формула для розрахунку Pavement Condition Index (PCI) базується на визначенні внеску кожного виду дефекту в загальний стан покриття. Основна формула PCI:

$$PCI = 100 - \sum (CDV), \quad (1.5)$$

де, CDV (Corrected Deduct Value) — скориговане значення зниження індексу через наявність певного дефекту. $\sum CDV$ — сума скоригованих значень для всіх виявлених дефектів.

Для кожного типу дефекту розраховується щільність (Density, %) за формулою:

$$Density = \left(\frac{\text{Area of defect}}{\text{Total sample unit area}} \right) \times 100. \quad (1.6)$$

За спеціальними таблицями (ASTM D6433) визначається DV для кожного дефекту залежно від його площі та інтенсивності.

Скориговане значення CDV:

Якщо є один тип дефекту, $CDV = DV$.

Якщо кілька дефектів, використовується спеціальна номограма крива для корекції DV.

Від 100 віднімається сума всіх CDV, отриманих для конкретної випробувальної площі:

$$PCI = 100 - \sum CDV \quad PCI = 100. \quad (1.7)$$

Якщо $\sum CDV > 100$, тоді $PCI = 0$.

Приклад розрахунку:

Виявлено тріщини з шириною >3 мм, що займають 20% площі $\rightarrow$ за таблицею $DV = 30$.

Виявлено вибоїни, що займають 10% площі $\rightarrow$ за таблицею $DV = 20$.

Використовуючи номограму, скориговані значення $CDV = 40$.

Розрахунок PCI:

$$PCI = 100 - 40 = 60 \cdot PCI = 100 - 40 = 60 \cdot PCI = 100 - 40 = 60.$$

Це означає, що покриття перебуває у задовільному стані.

Формула і методика розрахунку деталізовані у стандарті ASTM D6433.

Метод PCI використовується в багатьох країнах як стандартний інструмент моніторингу стану дорожнього покриття та аеродромів, а також для пріоритезації ремонтних заходів.

В Україні придатність покриттів за їх технічним станом оцінюють на підставі аналізу характеру та кількості дефектів аеродромних покриттів з граничними значеннями. Граничні значення нерівності поверхні аеродромного покриття та граничні значення дефектів аеродромних покриттів і заходи щодо їх усунення перед польотами повітряних суден, наведені в таблицях 1, 2 додатка 25 до Інструкції [13]. Обсяги ремонтних робіт щодо підтримання аеродромних покриттів у необхідному експлуатаційному стані, якщо чисельні значення дефектів не перевищують граничних значень, визначають на підставі індексу зберігання покриттів MJ для жорстких покриттів та показника

стану покриттів P_0 — нежорстких покриттів відповідно до таблиці 1.3 додатка 25 до Інструкції.

Технічний стан покриттів оцінюють на підставі результатів візуальних оглядів, що фіксують на плані усунення дефектів покриття в журналі технічного стану аеродромного покриття під час періодичних оглядів.

Відповідно до Інструкції з експлуатації аеродромів державної авіації України (у редакції Наказу Міністерства Оборони України від 23.09.2020р. № 348 технічний стан цементобетонних покриттів оцінюють за допомогою індексу збереження MJ , який обчислюється за формулою:

$$MJ = 5 - \sum_i (n_i / n) \cdot a_p \quad (1.8)$$

Таблиця 1.3

**Граничні значення нерівності поверхні
аеродромного покриття**

Тип покриття, контрольні показники	Граничні значення	
	на злітно-посадковій смузі (далі — ЗПС)	на руліжних доріжках (далі — РД), місцях стоянки (далі — МС)
1	2	3
Жорсткі покриття:		
перевищення граней суміжних плит у швах (тріщинах);	20 мм	27 мм
алгебраїчна різниця повздовжніх схилів суміжних плит	0,02	0,033
Нежорсткі покриття:		
колії, хвилі, зсуви, прогалини;	30 мм	50 мм
алгебраїчна різниця повздовжніх схилів на суміжних ділянках завдовжки 10 м	0,02	0,033

де n_i — число плит з дефектом i -го типу;
 n — загальне число плит обстеженої ділянки покриття;
 a_i — «вага» дефекту i -го типу, наведена в таблиці 1.4 додатка 25 до Інструкції.

Таблиця 1.4

**Граничні значення дефектів аеродромних покриттів
і заходи щодо їх усунення перед польотами
повітряних суден**

Дефект покриття	Опис та граничне значення дефекту і заходи щодо його усунення перед польотами повітряних суден
1	2
Монолітні бетонні, армобетонні і залізобетонні покриття	
Наскрізні тріщини завширшки менше 40 мм без руйнування кромки	Відношення довжини тріщин у метрах до площі покриття у квадратних метрах не повинно перевищувати 0,3 — для бетонних і армобетонних та 0,4 — для залізобетонних покриттів. Герметизація тріщин
«Волосяні» тріщини	Допускається необмежена кількість усадочних тріщин. Захисне просочення покриття або застирання. Тріщини завширшки більше 0,3 мм підлягають герметизації без розробки
Злущення поверхні плит	Злущення окремих ділянок поверхні на глибину не більше 5 мм. Злущені ділянки поверхні підлягають ретельному очищенню зі збиранням часток, що відшарувалися. Захисне просочення покриття або влаштування захисного шару з полімерних матеріалів
Відколи бетону біля швів	Окремі відколи завширшки і завглибшки не більше 3 см. Шматки бетону, що відкололися, прибирають, а порожнини, що утворилися, заливують герметиком
Раковини і вибоїни на поверхні плит без оголення стержнів арматури	Усі раковини і вибоїни на поверхні плит без оголення стержнів арматури підлягають заливанню гумобітумним в'язким або іншим ремонтним матеріалом

Якщо на одній плиті є дефекти різних типів, то під час визначення індексу МЖ враховують тільки дефекти з максимальним значенням.

Відремонтвані ділянки покриттів (крім заміни зруйнованих плит і переукладання плит для усунення нерівності) враховують під час оцінки як дефекти, усунуті поточним ремонтом. При цьому значення дефектів, що усуваються, зменшується в 1,5 рази.

Згідно п. 5.68 СНиП 2.05.08-85 Аеродроми [8] та проекту ДБН В.2.2-XX:2022 Будівлі та споруди. Аеродроми. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво [9] п. 15.4.3 При визначенні жорсткості та граничного згинального моменту цементобетонних та армобетонних шарів існуючих покриттів їх розрахункову товщину t_{pd} слід приймати залежно від категорії руйнування, що встановлюється за таблицею Д.13 Додатку Д цих ДБН та товщини t_{ex} існуючого покриття при категорії руйнування: І категорія руйнування $t_{pd} = t_{ex}$; ІІ категорія руйнування $t_{pd} = 0,9 t_{ex}$; ІІІ категорія руйнування $t_{pd} = 0,8 t_{ex}$.

При визначенні жорсткості і граничного згинаючого моменту бетонних і армобетонних шарів посилення покриттів

Таблиця 1.5

**Обсяги ремонтних робіт щодо підтримання
аеродромних покриттів у необхідному
експлуатаційному стані**

Індекс зберігання покриттів МЖ	Показник стану покриттів P_o	Стан покриття	Рекомендовані заходи
1	2	3	4
Від 4,0 до 5,0	До 39	добрий	планові заходи з експлуатаційного утримання
Від 3,0 до 4,0	Від 40 до 69	задовільний	поточний ремонт
3,0 та менше	70 та більше	незадовільний	капітальний ремонт

розрахункову товщину їх t_{pd} слід приймати залежно від категорії руйнування, встановлюваної по табл. 25, і товщина t_{ex} існуючого покриття при категорії руйнування: I..... $t_{pd} = t_{ex}$, II..... $t_{pd} = 0,9t_{ex}$, III..... $t_{pd} = 0,8t_{ex}$.

Існуючі жорсткі покриття IV категорії руйнування в розрахунок належить враховувати як штучні основи з коефіцієнтом постелі

$$K_s = 600 \text{ МПа/м}^3 \text{ (60 кгс/см}^3\text{)}.$$

Способи посилення покриттів визначають з урахуванням категорії нормативного навантаження і залежно від стану існуючого покриття. Категорію руйнування існуючих жорстких покриттів встановлюють відповідно до табл. 1.6.

Таблиця 1.6

Категорії руйнування жорстких аеродромних покриттів

Категорія руйнування плит існуючих жорстких покриттів	Кількість зруйнованих плит, %, з			
	з лущенням глибиною понад 1 см	з відколами кромок в місцях швів	з наскрізними тріщинами (подовжні або поперечні)	з відколами кутів, діагональними наскрізними тріщинами поряд з наскрізними подовжніми та поперечними
I	Менше 10	—	—	—
II	Від 10 до 30	Менше 30	Менше 20	—
III	Понад 30	30 і більше	Від 20 до 30	Менше 20
IV	Не нормується		Понад 30	20 і більш

Примітки: 1. Категорію руйнування встановлюють за ознакою, що дає найвищу категорію руйнування. 2. Наскрізні тріщини враховуються, якщо середня відстань між ними менше 5 м і вони не допускаються розрахунковим граничним станом. Примітка 3. При визначенні відсотка зруйнованих плит слід приймати: для ШЗПС — середню смугу шириною, що дорівнює половині ширини ШЗПС за всією її довжиною; для РД та інших елементів покриття — ряд плит, що зазнають впливу навантажень від основних опор повітряних суден; для МС та перонів — всю робочу площу

Посилення існуючих покриттів викликано наступними причинами: необхідністю підвищення несної здатності покриттів з появою нової авіаційної техніки (нового типу розрахункового повітряного судна), збільшенням інтенсивності повітряного руху або незадовільним експлуатаційно-технічним станом аеродромного покриття: наявністю дефектів покриттів (вибоїн, сильного зносу верхнього шару), неприпустимих для безпечної експлуатації повітряних судів, усунення яких неможливе методами поточного ремонту.

Шари посилення покриттів слід проектувати у випадках:

- коли несна здатність існуючого покриття недостатня для сприйняття навантаження від повітряних судів, експлуатація яких планується на даному аеродромі;
- коли несна здатність покриття достатня, але його поверхня знаходиться в стані, при якому заміна окремих плит або ділянок і ремонт залишилися економічно менш вигідні, ніж укладання нового шару.

Вибір методу оцінки ступеню пошкодження цементобетонних покриттів залежить від умов експлуатації, необхідної точності, вартості та доступності обладнання. Найбільш перспективними є фото-інформаційні методи, тепловізійне та георадарні дослідження, які забезпечують комплексний аналіз стану покриття без його руйнування.

2. АНАЛІЗ ДІЮЧИХ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЮ ПОШКОДЖЕННЯ ЦЕМЕНТОБЕТОННИХ ПОКРИТТІВ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

2.1. Досвід Німеччини

Основною ідеєю при розробці методу періодичного врахування стану доріг в Німеччині був перехід від глобальної оцінки (яка практикувалась раніше) до системної, що складається з часткових оцінок стану поверхні [6].

Показники стану покриття

Першочергова задача полягала в тому, щоб визначати характерні показники стану покриття. Ці показники поділяють на «основні» і «похідні». «Основні» показники описують стан покриття незалежно від зовнішніх впливів. «Похідні» — характеризуються взаємодією декількох «основних» показників дорожнього покриття, наприклад, з інтенсивністю руху, часом доби (умовами освітленості) і кліматичними умовами.

Основні і похідні показники змінюються під дією транспортних і кліматичних факторів. До **основних** показників відносяться (Рисунок 2.1):

Ознаки *текстури* поверхні, тобто:

- шорсткість (текстура поверхні);
- рівність (поздовжня і поперечна);
- ухил (для поверхневого водовідводу);

Ознаки *пошкодження* поверхні, тобто:

- тріщини (окремі і сітка тріщин), пошкодження швів, відкриті шви;
- явища зносу або втрата дрібного щебеню, стирання, виривання, вибоїни;

- деформації (які впливають на рівність);
- неоднорідність структури (наприклад, внаслідок ямкового ремонту);
- інші пошкодження (надлишок в'язучого, пошкоджені кромки і розмітка тощо).

Якою мірою показники деформативних властивостей окремих шарів або всього покриття можна віднести до категорії загальних ознак є спірним питанням. Якщо загальноприйнятий показник стану залежить від характеру прикладання навантаження (величина зусилля, площа передачі навантаження, швидкість навантаження і розвантаження) і від факторів середовища (наприклад, розподіли температур у шарах покриття) то його відносять до категорії «похідних» показників.

До основних показників (не зважаючи на вищеприведене) крім того відносять:

- показники геометрії проїжджої частини;
- характеристики матеріалів, що входять до складу покриття.

Похідними є показники, які стають визначальними (впливаючими) при взаємодії ряду основних показників і впливу транспортних засобів (шини, підвіска, освітлення тощо), а також залежно від часу дня (умови освітленості) і кліматичних умов (опади, температура).

Поряд з вищезгаданими деформативними властивостями сюди також відносяться показники (Рисунок 2.1):

- зчеплення і шорсткість;
- світлоповертання та освітленість;
- шум (шум при коченні);
- опір коліс руху;
- утворення водяних бризок.

Крім того до похідних ознак відносять:

- ефективність динаміки їзди (вплив на динаміку їзди системи водій-автомобіль);
- стік води (залежно від ряду головних ознак, наприклад, рівності, шорсткості й ухилів проїжджої частини, а також справності водовідвідних споруд);

- температурні умови (наприклад, небезпеки утворення льоду);
- ступінь зносу.

Вибір характерних ознак стану покриття

Процес вибору ознак стану, що включені в сенсорно-візуальну оцінку стану (Рисунок 1.1), був розділений на декілька етапів:

- визначали, для яких цілей повинен служити сенсорно-візуальний метод реєстрації;
- визначали, які ознаки стану є важливими. Для цього були проведені анкетні опитування серед державних і комунальних структур;

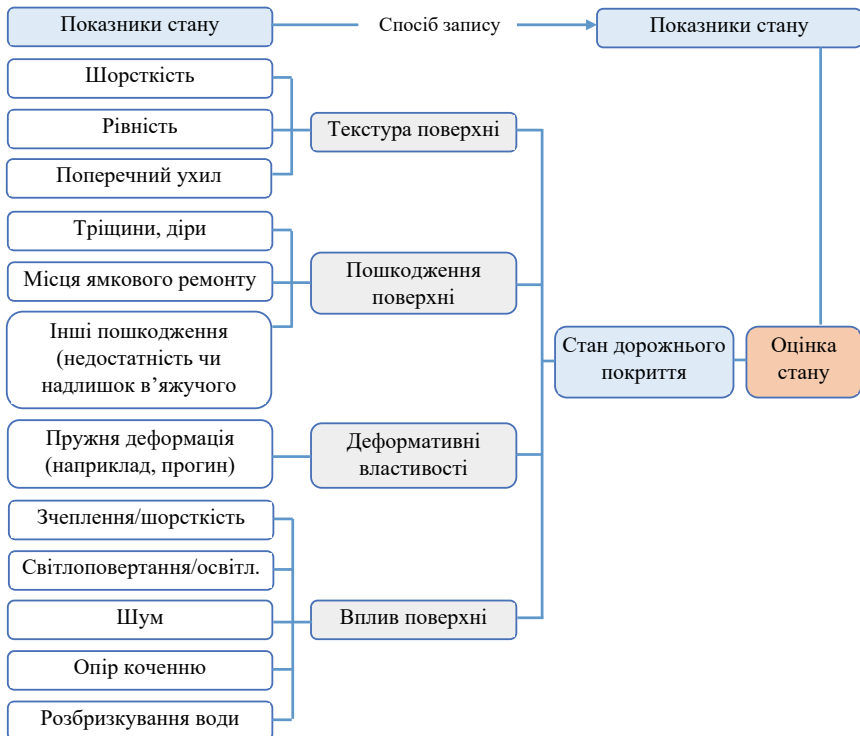


Рисунок 2.1. Показники стану дорожнього покриття, які застосовуються у ФРН

- встановлені ознаки послужили основою для подальшого етапу — розвитку поняття оцінки (концепції). Таким чином до моменту випробування метода збору інформації на практиці було з'ясовано як ознаки стану можуть бути оцінені і враховані;
- на завершальному етапі визначалось, які ознаки можуть бути враховані візуально-сенсорним методом і з допомогою більш простого устаткування та які максимальні вимоги до точності оцінки повинні бути пред'явлені на практиці. Виявилось, що деякі дуже важливі ознаки (особливо ознаки «зчеплення/шорсткість») не можуть бути визначені візуально-сенсорним методом. Було виявлено також, що вимоги до точності зняття показань (показників стану) не варто приймати занадто високими.

З вищенаведених міркувань і практичних польових досліджень у ФРН були зроблені перші висновки щодо робочої документації для візуально-сенсорного врахування стану.

Візуально-сенсорне визначення стану проводиться на основі:

- візуального сприйняття;
- фізичних відчуттів, які сприймаються через автомобіль (наприклад, горизонтальні або вертикальні коливання автомобіля, поштовхи, удари) і при використанні простих вимірювальних засобів (лінійка і вимірювальний клин).

Візуально-сенсорна оцінка стану призначена за порівняно короткий проміжок часу давати уявлення про стан всієї дорожньої мережі або її частин. На рисунку 2.2 схематично показаний процес візуально-сенсорної оцінки стану в такій послідовності:

- оцінка стану;
- накопичення результатів вимірів (додаткова обробка даних);
- обслуговування і контроль.

Перш за все дорожню мережу розділяють на головні відрізки з тим, щоб параметри стану можна було однозначно класифікувати в локальному діапазоні. Для локалізації головних відрізків повинні бути відомі:

- кілометраж прикордонних пунктів;

- адміністративні дані (назва дороги, дорожньо-будівельна установа, ділянка дорожнього майстра).
- Головні відрізки можуть бути і далі підрозділені. Критеріями поділу на часткові відрізки є:
- значні зміни поперечного профілю;
 - зміна конструкції або категорії;
 - зміна напрямку траси або елементів профілю (розташування виїмки або насипу, проходження дороги в лісі, підйоми);



Рисунок 2.2. Процес сенсорно-візуальної оцінки стану покриття, який використовується у ФРН

– зміни експлуатаційного стану.

Довжина ділянки обстеження повинна приблизно відповідати денній продуктивності збору інформації. Середня денна продуктивність складає:

- проїзд по маршруту автомобілем — 25–30 км;
- обхід пішки — 3–6 км.

Всі нерівності (наприклад, вибоїни), хвилеподібні деформації й уступи сприймається візуально і на основі фізичних відчуттів, тобто сенсорно через імпульси, які передаються людині автомобілем. Практика показує, що цей дуже суб'єктивний метод є надійним. Узгодженість в уступах незважаючи на застосування різноманітних автомобілів, була дуже хорошою для всіх видів оцінки стану покриття, при яких декілька бригад проїжджали по одному і тому ж маршруту [7].

Оцінка колійності проводиться з допомогою 2-х метрової рейки і мірного клина. Виміри проводяться мінімум два рази на кілометр; для розрахунків приймаються максимальні значення колії на визначеній ділянці. Хоча на практиці висловлюються сумніви в правильності максимального і середнього значення колії на ділянці.

Ознака «утримання води» характеризує затримку води на проїжджій частині, що може бути наслідком нерівності та (або) конструктивних хиб. Недостатній водовідвід з поверхні значно впливає на безпеку руху, тому ознака «утримання води» є суттєвою і повинна враховуватись.

При проведенні візуально-сенсорної оцінки стану на позаміських дорогах з асфальтобетонним покриттям попередньо поділений денний маршрут об'їздить бригадою з двох чоловік в прямому й зворотному напрямках. Перший об'їзд з нормальною швидкістю призначений для визначення загальних дефектів; при цьому варто додатково перевірити наперед поділені відрізки щодо їх відповідності. Під час другого об'їзду зі швидкістю приблизно 15 км/год встановлюють інші ознаки стану. Візуально-сенсорна оцінка стану проводиться навесні або раннім літом. Метод оцінки як правило застосовується до всіх позаміських доріг з асфальтобетонним покриттям, проте він

найбільш придатний до односмугових доріг (одна смуга в кожному напрямку).

При проїзних частинах на дорогах з більш ніж двосмуговим рухом стан оцінюють окремо для кожної смуги. Для цього об'їжджають кожну смугу в прямому й зворотному напрямку. Параметри стану заносяться в анкету.

2.2. Досвід США

У США департамент транспорту шт. Нью-Йорк розробив шкалу для візуальної оцінки стану покриття автомобільних доріг, використовуючи метод психрометричної шкали, відомий під назвою Q-розряд. Вісім експертів департаменту вивчають понад 50 фотографій дорожніх покриттів і оцінюють їх за 10-бальною шкалою залежно від стану покриття. Стабільність шкали підтверджена при повторних перевірках через деякий час. Ця шкала була використана для тренування штатних співробітників 11-ти регіональних підрозділів і впроваджена в систему дорожніх підрозділів штату [7]. Перевага такого метода полягає в тому, що його можна застосовувати для швидкої оцінки стану мережі доріг регіону. Недолік — дуже великий вплив суб'єктивного фактора і, очевидно, мала відтворюваність результатів при повторному обстеженні.

Стан автомобільних доріг може бути оцінений за допомогою регіональних карток різноманітних систем. Наприклад, картка типу «А» призначена для діагностики стану автомобільних доріг з мінімальними витратами часу. Оцінка стану дороги виконується двома експертами, що знаходяться в автомобілі, який рухається зі швидкістю 10–20 км/год з однією-двома зупинками на кожній ділянці, по п'ятьох ознаках. Картка «В» відповідає техаській системі реєстрації, більш детальній та інформативній. Для ділянок малої протяжності, наприклад 25 м, оцінка дається по 11-ти ознаках. Продуктивність візуального обстеження при використанні двох експертів складає близько 600 м/год.

Після об'їзду автомобілем і збору інформації окремі ознаки стану заносяться в анкету залежно від їх типу і ступеню розвитку. Значення глибини колії вимірюється при цьому лінійкою і клином мінімум один раз на одній ділянці або ж, у випадку більш довгих ділянок, — 2 рази на кілометр протяжності ділянки; при цьому рекомендується фіксувати максимальне значення глибини колії. Врахування якості водовідводу з поверхні і стану водовідвідних споруд буває достовірним лише під час дощу або безпосередньо після нього.

Зібрана інформація може бути ефективно оброблена тільки за допомогою ЕОМ.

Існує декілька способів представлення даних про стан покриття:

- через єдиний інтегральний показник стану покриття (для цього дані групуються певним чином);
- через декілька показників, щоб встановити пріоритет між ділянками і допомогти інженерам в прийнятті рішення щодо необхідності ремонту.

1. Інтегральний показник стану

Цей спосіб полягає в комбінуванні всіх або декількох параметрів так, щоб отримати глобальний показник, що характеризує стан покриття. При цьому, наприклад в багатьох дорожніх організаціях США і Європи, розраховують такі показники [6–7]:

1) PSI — показник поточного експлуатаційного стану;

2) PQI — показник якості покриття;

RCI — показник комфортності проїзду;

VCI — показник візуального стану;

3) PCR — рейтинг стану покриття (використовують в шт. Онтаріо та Огайо, США);

4) PRI — показник поточної пропускну здатності (використовують у Нью-Йорку);

5) FI — загальний показник (використовують в шт. Айдахо, США), який включає PSI, структурний показник (SI) і показник пошкодження;

6) DR — показник руйнування (використовують у Швеції), об'єднує поздовжню рівність, глибину колії і процент розтріскування поверхні покриття.

Перевага цієї процедури полягає в тому, що вона класифікує покриття одне відносно одного згідно єдиної інтегральної оцінки. Недолік: в інтегральній оцінці часто переважає комфортність проїзду і, відповідно, стан покриття по подовжній рівності над іншими показниками. Тому вагомості руйнувань важко визначити й один показник можна віднести до різних умов. У роботі [9] представлено 33 унікальних показника, які використовувались 12-ти різноманітними дорожніми організаціями.

2. Аналіз параметрів

Цей метод полягає в призначенні граничного значення для кожного показника виходячи з можливих наслідків для користувача і дороги. Такий метод складніший за попередній і не дозволяє комбінувати різноманітні параметри. Даний підхід практикується в Бельгії, Франції і Нідерландах для визначення рівня втручання в стратегію ремонтів.

3. Показник експлуатаційної необхідності

Приблизно на середньому рівні між двома попередніми підходами (методами) знаходиться показник, який використовується в шт. Огайо, і який об'єднує показники ковзання (SN), PCR і PSI, щоб встановити категорію експлуатаційної необхідності (табл. 2.1).

Принципи оцінки

При оцінці стану покриття в США переважно використовують оцінку користувача дорогою. Після цього обстежують з допомогою вимірювальної техніки лише ділянки, визначені користувачем.

В Європі не ставляться з такою ж довірою до оцінки користувачів дорогою. Тут намагаються перш за все об'єктивно визначити і раціонально оцінити основні показники стану доріг.

Таблиця 2.1

Показники, що використовуються для візуальної оцінки нежорстких дорожніх одягів у шт. Огайо (США) [9]

Нежорсткий дорожній одяг									
Форма для оцінки стану покриття									
Дорога _____		Дата _____		Початок ділянки _____		ППЕксперта _____		Кінець ділянки _____	
№	Руйнування	Ваго- мість руйну- вання	Рівень вагомості			Поширеність		Де- фек- тність ***	
			Низьк. Н	Серед. С	Висок. В	Рідко Р	Часто Ч		Постійно П
1	Розшарування а/б покриття (raveling)	10	0,3	0,6	1,0	0,5	0,8	1,0	
2	Випогівання бітуму (bleeding)	5	0,8	0,8	1,0	0,6	0,9	1,0	
3	Ямковий ремонт (patching)	5	0,3	0,6	1,0	0,6	0,8	1,0	
4	Вибіоїни (potholes)	10	0,4	0,7	1,0	0,5	0,8	1,0	
5	Відсутність мастики в тріщинах (crack sealing deficiency)	10	0,3	0,7	1,0	0,6	0,8	1,0	
6	Колійність (rutting)	10	0,3	0,7	1,0	0,6	0,8	1,0	
7	Осадка (settlement)	10	0,5	0,7	1,0	0,5	0,8	1,0	
8	Вибіоїни (corrugations)	5	0,4	0,8	1,0	0,5	0,8	1,0	
9	Тріщини по смугах накату (wheel track cracking)	15	0,4	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0	
10	Блокові і січні тріщини (block and transverse cracking)	10	0,4	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0	
11	Поздовжні тріщини на стиках (longitudinal joint cracking)	5	0,4	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0	
12	Обломи кромок (edge cracking)	5	0,4	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0	
13	Випадкові тріщини (random cracking)	5	0,4	0,7	1,0	0,5	0,7	1,0	
Загальна дефектність =									
Сума структурних руйнувань (V) =									
PCR = 100 — загальна дефектність =									

Дефектність *** = Вагомість руйнувань × Рівень вагомості × Поширеність

2.3. Досвід OECD

У 80-х роках Організацією економічного співробітництва і розвитку (OECD) розроблено каталог пошкодження дорожнього покриття [10]. Всі види пошкоджень класифіковано

Таблиця 2.2

Каталог пошкодження дорожнього одягу (Організація економічного співробітництва і розвитку — OECD) [10]

Нежорсткі та напівжорсткі покриття	Жорсткі покриття
1. Осідання	1. Неадекватний опір ковзанню
2. Просідання	2. Неадекватний дренаж
3. Хвилі	3. Колійність
4. Викривлення	4. Осідання
5. Колійність	5. Відкачка
6. Тріщини типу «крокодилова шкіра»	6. Розхитування плити
7. Блокові тріщини	7.
8. Центральні тріщини, поздовжні тріщини	8. Втрата герметика в швах
9. Тріщини по смузі накату	9. Витіснення герметика
10. Розтріскування кромки покриття	10. Розкриті поздовжні шви
11. Звивисті тріщини	11. Поперечні тріщини, діагональні тріщини
12. Усадочні тріщини поперечні	12. Довгі поздовжні тріщини
13. Відображені тріщини	13. Короткі поздовжні тріщини
14. Звивисті тріщини	14. Кутові тріщини, облом кромки
15. Волосяні тріщини	15. Тріщини від здимання
16. Втрата поверхневих агрегатів	16.
17. Розшарування	17. Блокові тріщини і випадкові тріщини
18. Виступання агрегатів	18. Розщеплення
19. Полірування агрегатів	19. Виступи
20. Випотівання в'язучого	20. Вибіоїни
21. Виступання вологи	21. Тріщини типу «крокодилова шкіра»
22. Виступання бруду на поверхні	22. Відшарування
23. Неадекватний дренаж	

для нежорстких, напівжорстких та жорстких дорожніх одягів (табл. 2.2), крім того, пошкодження розрізняються окремо для покриття і для дорожньої конструкції.

Для **нежорстких і напівжорстких** дорожніх одягів головними типами конструктивного пошкодження вважається утворення тріщин та залишкова деформація. Основною причиною тріщиноутворення (зокрема, від втоми) є транспортні навантаження і клімат (переважно для напівжорстких конструкцій). Ці ж фактори є основними і для залишкових деформацій.

Як основні типи поверхневого пошкодження розглядаються:

- втрата матеріалу (результат дії води та антиожедних матеріалів);
- втрата міцності за рахунок старіння органічного в'язучого від кліматичних факторів;
- інтенсивне зношення покриття при експлуатації шипованих шин;
- утворення тріщин внаслідок теплового стиску бітумних покриттів (в цьому випадку клімат має перевагу над транспортними навантаженнями).

Для **жорстких** покриттів основними типами конструктивних пошкоджень утворення поперечних тріщин і втрата рівності поверхні (причиною є транспортні навантаження і клімат).

Поверхневі пошкодження виникають за рахунок відшарувань через втрату цементного розчину і виривання мінеральних агрегатів.

2.4. Досвід Франції

У Франції (фірма Інжерут) застосовується напівавтоматизований збір даних на основі візуальної оцінки стану дорожнього покриття. Для цього використовується обладнання «Візіроад» до складу якого входять автомобіль, комп'ютер і спеціальна клавіатура з позначеннями видів дефектів і ступеню їх розвитку [9].

Загальне призначення комплексу «Візіроад» — допомогти інспектору об'єктивно встановити вид і ступінь пошкодження для послідовного використання даних візуальної оцінки в Автоматизованій системі управління станом дорожніх одягів.

Комплекс «Візіроад» може використовуватись для різних типів дорожніх покриттів і враховувати регіональні особливості мережі доріг по видах та ступеню розвитку характерних дефектів.

Обстеження проводиться з автомобіля на швидкості 10–30 км/год з автоматичною фіксацією пройденого шляху і занесенням даних в комп'ютер.

При використанні комплексу «Візіроад» в Україні в 1999–2000 рр в рамках проекту TACIS до візуальної оцінки були включені 11 типів пошкоджень для нежорстких покриттів (асфальтобетон, поверхнева обробка, чорний щебінь) і 13 типів для жорстких покриттів (цементобетон) (табл. 2.3). Ступінь пошкодження — як відсоток відношення довжини зруйнованої ділянки до загальної довжини.

При візуальних обстеженнях магістральних доріг, виконаних в Україні в 1995 р. фірмою Інжерут, для збору даних була застосована спеціальна форма реєстрації. До уваги приймалися такі види пошкоджень покриття, як тріщини (поперечні, поздовжні, криві, блочні, сітка тріщин); відшарування; місця ремонту; колійність; стан узбіччя.

Ступінь пошкодження оцінювався:

- по довжині (протяжність пошкодження/100 м);
- по площі (%), на 3-х рівнях (1, 2, 3).

На основі зібраних даних розраховувались індекси, які окремо відображають розмах і складність кожного виду дефекту:

- індекс тріщини:

$$CI = \sqrt{(1 + Ac)(1 + Aw)} - 1, \quad (2.1)$$

де Ac — площа суцільних тріщин (ранжується як $< 2\%$, $2\text{--}10\%$, $10\text{--}50\%$, $\geq 50\%$), як показник поширення;

Aw — площа розкритих тріщин (ширина розкриття > 3 мм), як показник складності пошкодження.

Таблиця 2.3

**Перелік пошкоджень дорожнього одягу, які оцінюються комплексом «Візіроад»
в Україні в 1999–2000 р/р в рамках проекту TACIS**

№ п/п	Вид пошкодження	Ступінь пошкодження		
		Рівень 1	Рівень 2	Рівень 3
		НЕЖОРСТКЕ ПОКРИТТЯ		
1.	Поздовжні тріщини	окремі	часті	безперервні
2.	Сітка тріщин (серйозне пошкодження)	Сітка волосяних тріщин без втрати матеріалу	Сітка тріщин з малими «ячейками» без втрати матеріалу і без вижимання матеріалу основи	Сітка тріщин з дуже малими «ячейками» з втратою матеріалу з можливим вижиманням матеріалу основи
3.	Поперечні тріщини (температурні і відображені)	Ширина розкриття < 3 мм	Ширина розкриття > 3 мм	Ширина розкриття > 3 мм + зколювання і вибоїни на кромках
4.	Колійність (результат ущільнення матеріалу під колесами)	Непластична деформація, глибина 0,5–2 см	Пластична деформація, глибина 0,5–3 см	Пластична деформація, глибина > 3 см
5.	Просідання (результат недостатньої несної здатності)	Глибина 0,5–2 см	Глибина 2–4 см	Глибина > 4 см
6.	Розшарування	Локальне, матеріал основи не видно	Безперервне, матеріал основи не видно або локальне, матеріал основи видно	Безперервне, матеріал основи видно
7.	Випотівання в'язучого	Локальне, невеликі плями	Безперервне по колії під 1-м колесом	Безперервне по колії під 2-ма колесами
8.	Ямковість (результат розшарування та вибоїн), кількість на ділянці 10 м	< 5 ям з діаметром < 30 см	5–10 ям з діаметром < 30 см, або < 5 ям з діаметром > 100 см	> 10 ям з діаметром < 30 см, або 5–10 ям з діаметром > 100 см

Продовження табл. 2.3

9.	Ремонт (великої площі покриття) і ямковий ремонт (заповнення вибоїн)	Відновлення частини площі чи всього дорожнього покриття в місцях тріщин і вибоїн	Відновлення великої площі покриття в місцях колійності і тріщин. Поверхня латок співпадає з поверхнею покриття	Відновлення великої площі покриття в місцях колійності і тріщин. Поверхня латок вище/нижче поверхні покриття. Можливе руйнування латок
10.	Руйнування кромки	Місцеві сколювання	Сколювання і розтріскування країв на ширину > 0,5 м в дорожньому покритті	Поширені руйнування загрозливі для всієї ширини покриття
11.	Якість узбіччя	Локальні руйнування типу ямковості	Поширені руйнування (до половини площі узбіччя)	Поширені руйнування (більше половини площі узбіччя)
ЖОРСТКЕ ПОКРИТТЯ				
1.	Поздовжні тріщини	Окремі, ширина розкриття < 3 мм без просідання і викришування	Часті, ширина розкриття > 3 мм незначне просідання і викришування	Безперервні, розгалужені, широко розкриті з просіданням і викришуванням
2.	Поперечні тріщини (температурні і усадочні)	Ширина розкриття < 3 мм	Ширина розкриття > 3 мм	Ширина розкриття > 3 мм з вгратою матеріалу
3.	Руйнування швів (викришування бетону і вграт герметика)	Незначні	Більш ніж на половині довжини шва	Більш ніж на половині довжини шва і розрив плит в місцях стиків
4.	Обламування кутів плит	Один кут	Два кути	Більше двох кутів
5.	Сітка тріщин (результат дефектів шару покриття, а не основи)	-	Наявність сітки тріщин	-
6.	Шліфування щебеневого матеріалу (тільки на поверхні покриття)	-	Наявність шліфування	-

Продовження табл. 2.3

7.	Ремонт плит	Локальний, площа < 10% поверхні плити	Локальний, площа 10–30% поверхні плити	Поширений, площа > 30% поверхні плити
8.	Вертикальне зміщення плит	Різниця < 5 мм	Різниця 5–15 мм	Різниця > 15 мм
9.	Дефекти поверхні обробки (площа відшарування)	< 10%	10–50%	> 50%
10.	Розриви при асуві	1 розрив	Тріщини з викришуванням і/або вертикальним зміщенням	> 1 розрива
11.	Розмив	-	Наявність розмиву	-
12.	Здимання			
13.	Відрив узбіччя	незначний	Значний (до половини довжини плити)	Значний (більше половини довжини плити)

Примітка. *Рівень 3 враховує, що ступінь пошкодження починає суттєво впливати на безпеку руху.

Значення індексу CI змінюється в межах від 0 до 3:

$CI \leq 0,5$ — хороший стан;

$0,5 < CI \leq 1,0$ — задовільний стан;

$1,0 < CI \leq 2,0$ — поганий стан;

$CI > 2,0$ — критичний стан.

• індекс колійності:

$RI = 1$, якщо колія < 10 мм — хороший задовільний стан;

$RI = 2$, якщо $10 \text{ мм} < \text{колія} < 20 \text{ мм}$ — поганий стан;

$RI = 3$, якщо колія > 20 мм — критичний стан.

• загальний індекс пошкодження покриття:

$$DI = 100 - 20[\max(CI, RI) + 1/6 (As + 2Ap + Apa)],$$

де As — площа луцення чи відшарування (0, 1, 2 чи 3);

Ap — площа вибоїн (0, 1, 2, 3);

Apa — площа латок (0, 1, 2, 3).

Для нового покриття $DI = 100$, для зруйнованого $DI \leq 50$, в діапазоні $50 < DI \leq 65$ покриття знаходиться в критичному стані.

2.5. Досвід PIARC

Результати аналізу стосуються двох аспектів збору відомостей про пошкодження покриттів: з одного боку, «традиційна візуальна оцінка», з іншого — нові, автоматизовані методи оцінки. Сьогодні цим питанням приділяється особлива увага Всесвітньою дорожньою організацією PIARC з метою уніфікації підходу до методу візуальної оцінки стану дорожньої конструкції. Узагальнення виконані за результатами анкетування, проведеного в 1995 р. в країнах, які входять до складу Комітету С1 «Характеристики дорожньої поверхні» PIARC.

Традиційні візуальні обстеження

Мета збору відомостей — ознайомитись з сучасним станом методів візуального обстеження і вивченням різних типів

пошкоджень покриттів при оцінці його якості. На анкетні питання відповіли 19 країни: Алжир, Австралія, Бельгія, Канада-Квебек, Іспанія, Фінляндія, Франція, Угорщина, Японія, Марокко, Мексика, Нідерланди, Польща, Португалія, Англія, Швеція, Швейцарія, Словаччина, Чеська Республіка.

Тип збору даних є постійним, крім одного. В чотирьох випадках (країнах) робиться детальний контроль на основі узагальненого збору даних (наприклад, через 100 м з кожних 3 км або інші методи).

Режим і швидкість. В більшості країн збір відомостей здійснюється транспортними засобами (16 випадків), де швидкість як правило складає 30 км/год. В деяких країнах віддають перевагу збиранню відомостей пішим ходом. В 10 випадках він виконується паралельно збиранню інформації транспортним засобом чи після нього.

Склад бригади. Бригади переважно складаються з двох чоловік (водія та інспектора). Проте, в чотирьох країнах — з одного чи двох чоловік, в одній з країн цю роботу виконує лише одна людина, ще в одній країні працюють три чоловіка, утворюючи бригаду для збору даних.

Період (сезон). Приблизно половина країн рекомендує проводити збір даних з середини весни до середини осені, віддаючи деяку перевагу середині весни або початку літа.

Протяжність ділянки для збору даних. В більшості країн (15 випадків) збір даних охоплює всю дорожню мережу або значну її частину.

Періодичність збору даних. В 9 країнах візуальне обстеження повторюється кожен рік, в той час як в інших країнах — через 2–4 роки, а в одній країні кожні 5 років. Середня періодичність складає 1,9 року, найбільш типова періодичність від 1 до 3 років.

Формат збору даних. Результати показують, що в 12 випадках використовуються аркуші паперу, в 12 — комп'ютерні файли і в 9 випадках — спеціальні клавіатури (включаючи переносні накопичувачі даних). Більше половини країн використовують комбінації цих методів.

Методи представлення даних. 7 країн забезпечують як графічне представлення, так і табличне. В інших 5 країнах роблять тільки графічне представлення; в 7 — лише табличне.

Обробка даних автоматизована в усіх країнах. Обробляються навіть зібрані вручну дані, зберігаються, оброблюються і оцінюються автоматизованим методом, хоча в 6 країнах використовуються також ручні методи.

Каталоги пошкоджень використовуються в більшості країн (16 випадків) і розроблюються в інших країнах. Вважається, що каталоги пошкоджень дуже корисні і навіть необхідні у випадку візуального обстеження.

Розташування систем є дуже важливим питанням, оскільки використання результатів візуальних обстежень залежить від точної орієнтації на місцевості. В різних країнах ці системи досить різноманітні залежно від досвіду і традицій. В 10 випадках використовується метод вимірювання мірною стрічкою, у 10 — системи вузлових точок і в 9 — контрольні точки. Інколи використовуються ці комбінації.

Навчання персоналу. В 19 країнах, які відповіли на анкету, щороку проводиться навчання персоналу по теоретичних і практичних аспектах різних пошкоджень і методах візуального збору даних.

Цій проблемі приділяють велике значення для забезпечення максимально можливої повторюваності даних, зібраних в різні періоди і різними експертами.

Перелік пошкоджень, методи кількісного визначення їх протяжності і ступеню розвитку

У 19 країнах існують переліки різних типів пошкоджень для нежорстких покриттів, проте лише в 10 з них є аналогічна класифікація для цементобетонних покриттів. В табл. 1.3 представлено перелік пошкоджень 1-ї та 2-ї пріоритетності і рівні, на яких їх збирають (дорожня мережа, окрема дорога).

В таблиці приведені також кількісні міри пошкоджень, представлені в одиницях [довжина/площа], [% довжини/площі] або в числовому вираженні в межах загальної протяжності

ділянки покриття (звичайно 100 м). Вказані одиниці, що найбільш часто використовуються для визначення довжини різноманітних типів пошкоджень, як для дорожньої мережі, так і для окремої дороги.

Методи оцінки параметру [% довжини/площі] як правило пов'язані з його класифікацією. Існує 3 або 4 категорії, наприклад з такими граничними значеннями: <10%, 10–50%, >50%. В цих випадках збір інформації виконується пішки або автомобілем при низькій швидкості.

При візуальних обстеженнях на автомобілі з високою швидкістю найбільш придатними одиницями для поширеності є [довжина/площа] або число. За звичай в цих випадках на рівні мережі оцінюються лиш найбільш серйозності пошкодження, які зустрічається найбільш часто.

Ступінь серйозності в більшості (15) країн диференціюється переважно по 2 або 3 категоріях. Найбільш часті характеристики ступеню серйозності показані в таблиці 1.4. Границі між різними категоріями в межах одного пошкодження неоднакові в різних країнах.

В деяких випадках застосовуються ускладнені методи класифікації. Наприклад, у Франції застосовується метод, затверджений місцевою адміністрацією в залежності від рівня експлуатації, різноманітних категорій пошкоджень, таких, як просідання, колієутворення тощо.

Комбіновані показники

У 14 країнах використовуються комбіновані показники для представлення результатів візуальних обстежень покриттів. Можливі декілька різноманітних методів для обчислення цих показників: середнє значення, середньозважений показник, категорія (без обмеження кінцевої величини), виведення значення.

Середнє значення використовується головним чином для оцінки однієї і тієї ж категорії пошкодження, наприклад тріщин, виявлених візуально (метод, який застосовується в Іспанії).

Таблиця 2.4

**Перелік пошкоджень дорожнього одягу,
згідно даних PIARC [10]**

№ п/п	Пріоритетність збору даних	Вид пошкодження	Рівень оцінки	Тип пошкодження	Поширеність 1	Поширеність 2	Ступінь серйозності
Нежорсткі покриття							
1	1	Місцеві деформації	NP	PTA	% площі	кількість	Глибина
2	1	Вм'ятини	P	A	% площі	кількість	Глибина
3	1	Просідання	P	A	% площі	кількість	Глибина
4	1	Група тріщин	NP	LTA			
5	1	Повздожні тріщини	NP	L	% довжини	довжина	Ширина розкр. + описання
6	1	Поперечні тріщини	NP	T	кількість		Ширина розкр. + описання
7	1	«Крокодилова шкіра»	NP	A	% довжини	довжина	Ширина розкр. + описання
8	1	Втрата матеріалу	NP	PLA			
9	1	Вибірки	NP	P	% довжини	кількість	Діаметр + кількість
10	1	Вивітрювання	P	A	% площі	площа	Рівень пошир.
11	1	Розшарування	P	A	% площі	площа	Рівень пошир.
12	1	Лущення	P	A	% площі	площа	Рівень пошир.
13	1	Місцевий ремонт	NP	A	% довжини	% площі	Рівень пошир.

Продовження табл. 2.4

14	1	Вижимання мат. основи	P	ТА	% довжини		
15	1	Випотівання в'язучого	P	A	% площі		Описання
16	2	Утворення бокових хвиль	P	T	% довжини		Глибина
17	2	Утворення поперечних хвиль	P	T	% довжини	% площі	Глибина
18	2	Тріщини від втоми	NP	L	% довжини	довжина	Ширина розкр. + описання
19	2	Розтріскування кромки	NP	L	% довжини	довжина	Ширина розкр. + описання
20	2	Тріщини біля стиків (поздовжні)	NP	L	% довжини	довжина	Ширина розкр. + описання
21	2	Відображені тріщини	NP	T	% довжини	кількість	Ширина розкр. + описання
22	2	Тріщини біля стиків (поперечні)	P	T	% довжини	кількість	Ширина розкр. + описання
23	2	Стирання	P	L	% площі		
24	2	Колійність	NP	L	% довжини	довжина	Середня глибина
Жорсткі покриття							
1	1	Обламування кутів	P	P	% площі		Рівень пошир.
2	1	Група тріщин	NP	LTA			
3	1	Повздовжні тріщини	NP	L	% довжини		Ширина розкр. + описання

Продовження табл. 2.4

4	1	Поперечні тріщини	NP	T	кількість		Ширина розкр. + описання
5	1	Місцевий ремонт	NP	A	% довжини		Рівень пошир.
6	1	Розмивання	P	T	% довжини		Описання
7	1	Лущення	P	A	% площі		Рівень пошир.
8	1	Пошкодження заповнювача шва	P	T	% довжини		Описання
9	1	Сколювання (викришування) стиків	P	T	% довжини		Описання
10	2	Здимання	P	A	% площі		
11	2	Діагональні тріщини	NP	A	% довжини		Ширина розкр. + описання
12	2	Тріщини від усадки	P	A	% площі		Ширина
13	2	Проломи	P	A	% площі		Глибина
14	2	Ступінчасте просідання	NP	T	% довжини		
15	2	Сколювання кромок	P	L	% довжини		Глибина

Примітки:

Рівень оцінки: N = мережа P = окрема дорога

Тип пошкодження: P = точка T = поперечне L = повздовжнє A = площа

Поширеність: Площа в [м²] Довжина в [м]

Ступінь серйозності: глибина, ширина або діаметр в [мм]

У 8 методах використовується середньозважені показники, де структурні пошкодження набувають, як правило, головної значимості внаслідок їх сильного впливу на залишковий строк служби (довговічність). Для осереднення приймається інтенсивність руху або категорія дороги. Чим вища категорія, тим більший коефіцієнт зваженого фактора. Деякі приклади приведені нижче:

- p_i = коефіцієнт вагомості при пошкодженні типу I;
- e_i = пошкодженість типу I;
- s_i = серйозність пошкодження типу I.

В Угорщині застосовується такий показник середньозваженої величини:

$$\text{Index} = f(p_i e_i s_i). \quad (2.2)$$

Одержані з формули значення використовуються найбільш часто (7 країн). У вигляді прикладу приводиться глобальний показник (явного пошкодження покриття), який використовується у Швейцарії:

$$\text{Index} = 5 - f(p_i e_i s_i)/10, \quad (2.3)$$

і візуальний показник V, який використовується у Бельгії:

$$V = V_{\max} - f(p_i e_i). \quad (2.4)$$

Показники на основі середньозваженої величини або введені формули звичайно застосовуються в методах, де міра пошкоджень виражена в % від довжини/площі.

Наступна по важливості характеристика — це категорія, в якій значення кінцевої величини не обмежується, а нуль означає відсутність пошкодження. Це робить можливим неперервну класифікацію. Точки накопичуються зокрема для різноманітних типів пошкодження. Цей тип показника використовується здебільшого в методах, де довжина пошкоджень виражається в одиницях довжини, площі або числом.

Автоматизований збір даних про пошкодження покриття

Згідно анкетного опитування встановлено, що в основному використовуються автоматичні системи чотирьох типів:

- візуальний збір відомостей і ручна обробка оператором;
- збір характеристик (на рівні зображення) і їх ручна обробка оператором;
- збір характеристик (на рівні зображення) і напівавтоматизована обробка з участю оператора;
- автоматизований збір даних (на рівні зображення) і їх автоматична обробка.

При опитуванні виявлено тільки 11 повністю автоматичних або напівавтоматичних систем, в які включена частина аналізу зображення або експертизи:

1. Канада: Дорожня Корпорація, WISECRAX
2. Франція: Середземноморське CETE, MACADAM
3. Франція: Нові технології
4. Японія: Nichireki
5. Японія: PASCO
6. Швеція: RST, система PAVUE
7. Швейцарія: IMAC, Федеральний Політехнічний інститут у Лозанні, CRENOS
8. Великобританія: Бірмінгемський Університет
9. США: Університет штату Огайо
10. США: Асоціація MHM, ARIA
11. США: Дорожник PCES

Автоматизований збір даних переважно застосовується при аналіз таких пошкоджень, як тріщиноутворення, втрата матеріалу, випотівання в'язучого. Деформації покриття як правило вимірюються і обробляються датчиками.

Мета автоматизованих методів — замінити оператора при ідентифікації та кількісному визначенні різноманітних типів пошкоджень. Заміна оператора доцільна в сенсі безперервності обробки інформації, ідентифікації розміру пошкоджень і способу представлення результатів (починаючи з точного вималювання рисунку кожного індивідуального

пошкодження до вирахування загального показника, який узагальнює усі пошкодження). Неоднакові цілі привозять до різних концепцій при розробці систем і відмінностей в їх ефективності (ідентифіковані типи пошкоджень, точність, продуктивність тощо).

За результатами аналізу можна зробити такі узагальнення.

Одержання зображення

Спосіб фіксування зображення. З системи (відео, цифрова) фіксують зображення перервним засобом. Вісім інших систем збирають неперервне зображення дорожнього покриття.

Експлуатаційні умови. Для денного використання є 5 систем (відео). З системи збирають зображення в нічний час при додатковому освітленні на плівці 35 мм. При додатковому освітленні в денний або нічний час можуть використовуватись з відео- або цифрові системи.

Робочі швидкості. Більшість транспортних засобів має робочі швидкості від 60 до 90 км/год. Дві відео системи, функціонують з більш низькою швидкістю — приблизно 50 км/год.

Діапазон зйомки. Практично всі системи можуть робити зйомку по меншій мірі однієї смуги руху. Багато систем охоплюють смугу шириною до 4,5 м, а одна навіть до 4,8 м.

Підтримка зображення. В 3 системах використовують плівку 35 мм, в 6 — відео, одна з яких поєднується з ультразвуковими датчиками, ще одна з лазерами, одна система використовує цифрове зображення і одна є лазерною. Останні дві системи фактично не збирають зображення.

Обробка зображення

Обробка зображення як правило виконується в офісі (9 систем). Дві системи розроблені для часткової обробки безпосередньо на місці, дві системи — без фактичної реєстрації зображення для обробки всіх даних в реальному часі.

Довжина покриття. Неперервний процес відомий у 9 випадках. В двох інших системах виконується перервна зйомка зображення.

Типи покриттів. Усі системи розроблені для обстеження асфальтобетонних покриттів. 9 з цих систем розраховані для обстеження як асфальтобетонних, так і цементобетонних покриттів, 2 системи ще не пристосовані для обстеження цементобетонних покриттів.

Ідентифікація об'єкту. Шість систем здатні виявляти об'єкти або форму покриття. Тільки 3 системи з 11 можуть ідентифікувати і правильно розпізнавати елементи розмітки.

Ідентифікація типів пошкоджень. Усі системи мають можливість ідентифікації одиночних тріщин і сітки тріщин типу «крокодилова шкіра». Мінімальна ширина розкриття тріщини складає: 1 мм в 5 системах, 2 мм — в 3 системах і 3 мм — в 2 системах.

Форма представлення даних. Приблизно половина систем (5) має багатократні формати для представлення даних, включаючи графіки, показники, таблиці або гістограми. Найбільш часто дані видаються у формі — розрахованих показників (9 систем), графіків (8 систем), після цього — таблиць і гістограм (6 систем).

Методи обробки. В усіх системах для обчислення використовуються різноманітні алгоритми, не описані у відповідях. 6 систем застосовують методи розпізнання образів, що є класичним інструментом для аналізу зображення. В 1 системі використовується пам'ять, яка оснований на експертній оцінці, а в інший — голографічний метод відображення.

Швидкість обробки знаходяться в дуже широкому діапазоні — від 8 до 800 км/добу. Самі швидкісні системи звичайно використовують перервну обробку при швидкості 24 км/добу. За винятком критичних випадків, коли швидкість обробки коливається від 30 до 100 км/добу.

Уніфікація підходу до візуальної оцінки стану покриття

В теперішній час активно проводяться роботи по узгодженню автоматизованих методів і результатів збору даних про стан доріг. Дані, отримані на основі обробки відеозображень, забезпечують кращу якість результатів, ніж традиційна візуальна оцінка.

Найбільш часто всі дефекти диференціюють по головних типах покриття:

- нежорстке та напівжорстке;
- жорстке.

Головні типи можуть мати підтипи. Наприклад, до нежорстких покриттів поряд з традиційним щільним асфальтобетonom можна віднести просочування щебеню, асфальтобетон пористий чи перервного зернового складу тощо. Дефекти таких покриттів досить подібні до пошкоджень асфальтобетону. Таке узагальнення значно спрощує порядок контролю і як вважається є запорукою відтворюваності результатів.

В табл. 2.4. приведено загальні визначення, які описують дефекти, що найбільш часто використовуються в системах візуальної оцінки. Кожен тип дефекту може характеризуватись довжиною, шириною і глибиною.

Класифікація типів дефектів поверхні складається з 4-х головних груп:

- група тріщин (6 типів для нежорстких і 5 — для жорстких типів покриття);
- пошкодження і деформації (5 типів для нежорстких і 4 для жорстких покриттів);
- дефекти поверхні (3 типа для нежорстких і 3 для жорстких покриттів);
- дефекти стиків (швів) і кромок (2 типа для нежорстких і 4 для жорстких покриттів).

Рівні деталізації

Точність оцінки стану покриття змінюється від більш детальної до загальної:

- довжина, ширина, глибина, pattern чи форма, тип, місцезнаходження (оцінюється індивідуально);
- діапазон, частота появи, серйозність, тип, місцезнаходження (оцінюється індивідуально);
- універсальний показник ступеня розвитку пошкоджень для кожного типу пошкоджень;
- універсальний показник для кожного типу пошкоджень (без встановлення ступеня розвитку пошкоджень);

- шкала (дискретні діапазони універсального показника);
- загальний об'єднаний показник.

Кожен тип чи група дефектів повинна мати свій рівень деталізації.

Розмірність пошкоджень

Величину поширення пошкоджень можна приймати як для дороги (ділянки дороги), так і для характерних секцій на які попередньо розділена дорога (чи ділянка). Одиниці розмірності приймаються так:

- довжина [м];
- область [м²];
- ширина і глибина [мм] (в основному для більш детальних рівнів).

З практичної точки зору більше значення мають відносні пропорції пошкодження поверхні

- відношення площі покриття з дефектами до загальної площі секції чи ділянки дороги [% площі];
- відношення довжини пошкоджень (коли розглядаються пошкодження кромки чи дефекти швів стиків) до загальної довжини елементів [% довжини].

Таке відносне представлення кількості пошкоджень дає чітку уяву про ступінь деградації секції чи ділянки дороги.

Серйозність пошкоджень

Деякі типи дефектів оцінюються по їх ступеню розвитку. Для цього використовують такі поняття як класи серйозності, границі класів і показники серйозності.

Пропонується 3 класи серйозності для візуальної оцінки:

- низький;
- помірний;
- високий.

Границі між класами дозволяють виразити візуальну оцінку цифрою — показником серйозності. Якщо показник серйозності ≥ 1 то це вказує на те, що клас серйозності даного дефекту «високий», його подальший розвиток недопустимий і покриття потребує термінового ремонту. Єдиної точки зору між державами на границі класів поки що не досягнуто.

В табл. 2.4 показано розмірності, які рекомендується використовувати для встановлення показника серйозності.

Методи оцінки пошкоджень

Пропонується 3 рівні деталізації при виконанні обстежень. Основна відмінність між рівнями — мета, яку переслідують при виконанні візуального обстеження.

Рівень I — дослідницький. Найбільш детальні обстеження, які виконуються автоматизованим або спеціальним способом і дають кількісні результати з досить високою точністю. Заміряються розміри (довжина, ширина, глибина, площа) окремих індивідуальних пошкоджень.

Рівень II — проектний. Обстеження виконуються автоматизовано або іншим ходом. Оцінюються розміри (довжина, ширина, глибина, площа) окремих об'єднаних пошкоджень. Результати обстеження мають достатню точність для планування утримання дороги.

Рівень III — відноситься до мережі доріг. Обстеження виконуються автоматизовано або з кабіни автомобіля на малій швидкості. Оцінюються пропорції (% довжини чи площі) і серйозність типів дефектів. Результати обстеження придатні для оцінки стану мережі доріг. На цьому рівні принципово важливим є встановлення типів дефектів для можливості аналізувати різні плани (стратегії)0 ремонтів.

Розрахунок загальних показників

Для деяких спеціальних задач (встановлення пріоритетності, ранжування) розраховуються комбіновані показники стану покриття, як, наприклад, індекс стану покриття (PCI). Таких показників відомо досить багато, оскільки багато дорожніх адміністрацій мають власні розробки.

Однак метод розрахунку узагальнених показників має другорядне значення поряд з якісно наповненою базою даних на основі якої ці показники обчислюються.

Безрозмірні показники мають перевагу при візуальному обстеженні мережі доріг. Патерсоном в 1994 р. було запропоновано універсальний показник розтріскування СІ для групи тріщин [7]:

$CI = \text{поширення} * \text{інтенсивність} * \text{ширина розкриття тріщин} =$
 $= (\text{пошкоджена площа/загальна площа}) * (\text{довжина тріщин/пошкоджена площа}) * \text{ширина розкриття тріщин} =$
 $= (\text{довжина тріщин} * \text{ширина розкриття тріщин}) / \text{загальна площа} = \text{площа розкриття тріщин} / \text{загальна площа}$

Універсальний показник пошкодження:

для груп «Дефекти і деформації» і «Пошкодження покриття» (див. табл. 2.5):

$DI_1 = (\text{площа пошкодження} / \text{загальна площа}) * 100, \%$;

для групи «Стики, шви чи кромки»:

$DI_2 = (\text{довжина пошкодження} / \text{загальна довжина}) * 100, \%$.

Універсальний показник пошкодження може приймати до уваги показник серйозності сумуючи вагомості заміряних чи оцінених пошкоджень:

для груп «Дефекти і деформації» і «Пошкодження покриття»:

$DI_{1S} = \frac{1}{2} * \text{Низький } \% \text{ площі} + 1 * \text{Середній } \% \text{ площі} + 2 * \text{Високий } \% \text{ площі};$

для групи «Стики, шви чи кромки»:

$DI_{2S} = \frac{1}{2} * \text{Низький } \% \text{ довжини} + 1 * \text{Середній } \% \text{ довжини} + 2 * \text{Високий } \% \text{ довжини}.$

Такі показники придатні як для «ручної», так і автоматизованої оцінки стану покриття.

Таблиця 2.5

Пропозиції PIARC по уніфікації дефектів поверхні покриття

А. Нежорсткі та напівжорсткі покриття		Поширення	Серйозність
І. Група тріщин			
1.1	Поздовжні тріщини по смузі накату Тріщини переважно паралельні центр. лінії дороги, розміщені по смузі накату	% площі	Ширина

Продовження табл. 2.5

1.2	Поздовжні тріщини поза смугою на- кату Тріщини переважно паралельні центр. лінії дороги, не розміщені по смузі накату	% площі	Ширина
1.3	Поперечні тріщини Тріщини переважно перпендику- лярні центр. лінії дороги (не розмі- щені по стиках)	% площі	Ширина
1.4	Крокодилова шкіра (розтріску- вання від втоми) Система зв'язаних тріщин, які ді- лять поверхню покриття на багато- кутні та гострокутні фрагменти	% площі	Ширина + стан
1.5	Блочне розтріскування Система зв'язаних тріщин, які ді- лять поверхню напівжорсткого по- криття на приблизно прямокутні фрагменти	% площі	Ширина
1.6	Відображені тріщини Поперечні і поздовжні тріщини в нежорстких верхніх шарах по- криття, які виникають над стиками в напівжорстких покриттях	% площі	Ширина
II. Група дефектів і деформацій			
2.1	Просідання (місцеве послаблення поверхні) Область місцевого просідання чи пониження поверхні	% площі	Глибина
2.2	Здимання (місцеве піднімання по- верхні) Направлене вверх зміщення обме- женої області	% площі	-
2.3	Вибійни Чашечні отвори чи порожнини різ- ного розміру на поверхні покриття	% площі	Глибина + область

Продовження табл. 2.5

2.4	Вижимання матеріалу основи Просочування чи вибризування води і дрібнозернистого матеріалу з шарів основи через тріщини в до- рожному покритті	% площі	-
2.5	Місцевий ремонт Частина поверхні, яка була локаль- но відновлена чи замінена після бу- дівн.	% площі	Стан
III Група пошкодження поверхні			
3.1	Розшарування, лущення Втрата складових частинок чи щебі- нок з поверхні	% площі	Глибина
3.2	Вивітрювання (полірування агрега- тів) Поступове зношування матеріалу, в рез. чого утворюється гладка по- верхні	% площі	-
3.3	Випотівання Надлишок бітумного в'язучого на поверхні покриття	% площі	-
IV. Група пошкодження стиків, швів і кромок			
4.1	Руйнування кромки Розтріскування чи розлом кромки поверхні покриття	% довжи- ни	Стан
4.2	Перевищення відміток узбіччя Відмінність висотних відміток по- криття і узбіччя	% довжи- ни	-
Б. Бетонні покриття		Поши- рення*	Серйозність
V. Група тріщин			
5.1	Обламування кутів Частина плити, відділена тріщи- ною, яка пересікає суміжні з'єднан- ня на відстані меншій чи рівній да- ному порогу	% площі	Ширина

Продовження табл. 2.5

5.2	Поздовжні тріщини Тріщини переважно паралельні центральній лінії дороги	% площі	Ширина
5.3	Поперечні тріщини Тріщини переважно перпендикулярні центральній лінії дороги	% площі	Ширина
5.4	Розтріскування від армування Система волосяних тріщин, які простягаються лише на верхній частині плити в місцях армування біля стиків і кромок	% площі	-
5.5	Тріщини від усадки Ряд зв'язаних тріщин, які простягаються лише у верхній частині плити	% площі	-
VI. Група дефектів і деформацій			
6.1	Здимання Місцеве піднімання поверхні в поперечних з'єднаннях	% площі	-
6.2	Ступінчасте просідання Вертикальне зміщення в місці з'єднання чи тріщини	% площі	Висота
6.3	Вижимання матеріалу основи Просочування чи вибризування води і дрібнозернистого матеріалу з шарів основи через тріщини в дорожньому покритті	% площі	-
6.4	Місцевий ремонт Частина поверхні, яка була локально відновлена чи замінена після будівн.	% площі	Стан
VII Група пошкодження поверхні			
7.1	Раковини (на поверхні бетону) Малі фрагменти дорожнього покриття, які відриваються від поверхні	% площі	-

Продовження табл. 2.5

7.2	Лущення Руйнування верхньої частини бетонної плити	% площі	-
7.3	Вивітрювання (полірування агрегатів) Поступове зношування матеріалу, в рез. чого утворюється гладка поверхні	% площі	-
VIII. Група пошкодження стиків, швів і кромок			
8.1	Пошкодження герметика Пошкодження чи невідповідність стану матеріалу герметика в поперечних чи поздовжніх стиках	% довжини	-
8.2	Сколювання (викришування) стиків Розтріскування і розбивання кромки плити біля поперечних і поздовжніх стиків	% довжини	Ширина
8.3	Сколювання кромки Розтріскування і розбивання кромки плити біля узбіччя	% довжини	Стан
8.4	Перевищення відміток узбіччя Відмінність висотних відміток покриття і узбіччя	% довжини	-

* Під «Поширенням» як правило розуміється кількість плит з даним видом пошкодження

3. КАТАЛОГ ДЕФЕКТІВ ТА РУЙНУВАНЬ ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ ЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

В Україні до 1,4% доріг з цементобетонним покриттям. Основним методами їх ремонту є побиття плит (дроблення і ущільнення або видалення) та переведення в нежорсткий дорожній одяг. Між тим міжнародний досвід свідчить про доцільність виконання планових ремонтів для недопущення руйнування плит та виникнення надмірних деформацій поверхні внаслідок недостатньої несної здатності основи та перезволоження ґрунту в зоні не відремонтованих дефектів та руйнувань. На сьогодні розроблена велика кількість матеріалів для заповнення швів та тріщин, ремонтних складів для аварійного ремонту просадок, суміші для підняття просівших плит тощо. Однак методики вибору матеріалів та рекомендації по ремонту та опис технологій ремонту руйнувань в залежності від їх виду та ступеня розвитку жорстких покриттів на даний час в Україні відсутні.

У процесі експлуатації дорожнє покриття жорсткого дорожнього одягу піддається впливу різних факторів: вертикальному і горизонтальному навантаженню від коліс транспортних засобів, особливо великовантажних, дії залишків мастил і палива та зношування від шин, атмосферному впливу погоднокліматичних умов (волога, зміна температури, заморожування — відтавання) тощо. Усе це в сполученні зі старінням матеріалів та деформацій покриттів призводить до зношування, появи різних типів руйнувань у вигляді різноманітних (наскрізних, поздовжніх, сіткоподібних та ін.) тріщин, викришування, утворення вибоїн, просадки та розлому плит.

За результатами обстеження ділянок автомобільних доріг з цементобетонним покриттям, що знаходяться у експлуатації від 5 до 50 років виявлено такі дефекти та руйнування: тріщини поздовжні, поперечні та блочні; ділянки руйнування та викришування в зонах підвищеної вологості ґрунту; ділянки на яких повністю зруйноване покриття; відколи кутів плит; вибоїни та раковини в покритті; лущення покриття та просадки тощо.

За період експлуатації цих доріг утримання та дрібний ремонт практично не виконувались. Причиною є відсутність ремонтних матеріалів, машин та механізмів для виконання ремонтних заходів на невеликій площі та відповідних вимог та нормативних документів стосовно експлуатаційного утримання та ремонту жорстких шарів покриття. У результаті відсутності ремонтів при проникненні вологи в шари основи та замочування ґрунту земляного полотна відбувається вичавлювання матеріалу в зоні дефектів, швів та тріщин та подальше руйнування цементобетонних плит.

Виконання своєчасних ремонтів надає змогу значно покращити техніку — експлуатаційний стан бетонного покриття, підвищити довговічність та надійність жорстких дорожніх одягів.

Методи ремонту та догляду за жорстким покриттям повинні забезпечувати його довговічність і надійність, що підвищує безпеку руху та надає економічну вигоду.

На основі даних обстеження ділянок автомобільних доріг України з цементобетонним покриттям в різних дорожньо-кліматичних зонах за останні 5 років виділено критерії руйнувань жорсткого дорожнього одягу (табл. 3.1).

З урахуванням вимог існуючих нормативних документів розроблено каталог дефектів та руйнувань цементобетонного покриття жорстких дорожніх одягів за результатами тепловізійного обстеження, наведений нижче (табл. 3.2).

Таблиця 3.1

Критерії руйнувань жорсткого дорожнього одягу

Коди типів руйнувань	Типи руйнувань та деформацій	Рівні дефектності та критерії віднесення до них		
1	Лущення	До 10–20% площі плити	Від 21 до 49% площі плити	Від 50 до 100% площі плити
2	Викришування	До 10–20% площі плити	Від 21 до 49% площі плити	Від 50 до 100% площі плити
3	Вибоїни	Окрема вибоїна діаметром до 30 см — одна вибоїна на плити	Окрема вибоїна діаметром 30–50 см — одна вибоїна на плити	Окрема вибоїна діаметром 50–70 см — одна вибоїна на плити
4	Просідання та проломи	До 10% площі плити	Від 11 до 19% площі плити	Від 20 до 50% площі плити
5	Руйнування країв цементобетонного покриття	До 25% площі плити	Від 26 до 49% площі плити	Від 50 до 70% площі плити
6	Руйнування деформаційних швів	До 30% довжини шва	Від 31 до 69% довжини шва	Від 70 до 100% довжини шва
7	Тріщини загальні поперечні	До 30% ширини плити	Від 31 до 69% ширини плити	Від 70 до 100% довжини плити
8	Сітка тріщин	До 30% площі плити	Від 31 до 69% площі плити	Від 70 до 100% довжини плити
9	Тріщини поздовжні	До 30% довжини плити	Від 31 до 69% довжини плити	Від 70 до 100% довжини плити
10	Косі тріщини	До 30% довжини(ширини) плити	Від 31 до 69% довжини (ширини) плити	Від 70 до 100% довжини (ширини) плити

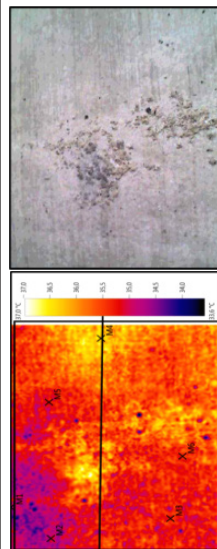
Продовження табл. 3.1

11	Відшарування захисного шару дорожнього покриття	Площа руйнування до 3% від площі проїзної частини	Площа руйнування від 3 до 9% від площі проїзної частини	Площа руйнування більше ніж 10% від площі проїзної частини
12	Руйнування кутів плит	Площа руйнування до 5% площі плити	Площа руйнування від 5 до 49% площі плити	Площа руйнування більше 50% площі плити
13	Блочні тріщини	До 30% площі плити	Від 31 до 69% площі плити	Від 70 до 100% площі плити
14	Відображені тріщини	До 30% довжини шва	Від 31 до 69% довжини шва	Від 70 до 100% довжини шва

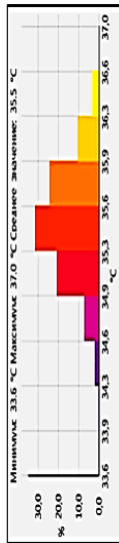
Таблиця 3.2

Опис типів руйнувань та деформацій

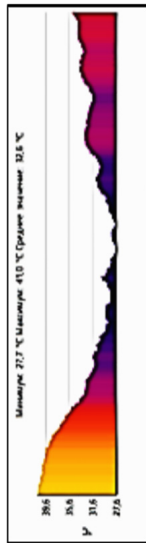
1. Лушення. Рівень руйнування — I



Гістограма



Лінія профілю



Короткий опис. Лушення і викришування покриття являють собою відшарування від поверхні плит тонких шарів бетону у вигляді лусочок товщиною 2–5 мм або більше тонких лещаток (ноді до 30–40 мм) і відділення (викришування) дрібних частинок склядових бетону-піску, щебеню, цементного каменю.

1. Осередкове (локальне) лушення покриття. **Причина виникнення.** Застосування бетонів, неоднорідних за якістю; неадекватна обробка або догляд за покриттям. Порушення структури бетону в зоні шва, в результаті ручної обробки. Такі місця мають нижчу морозостійкість в порівнянні з рештою частин покриття.

Спосіб заповігання. Застосування бетонів і матеріалів, їх складових, що задовольняють нормативним вимогам (ДСТУ, ДБН, ТУ). Регулярний контроль за укладанням, обробкою бетонної суміші і за рівномірністю розподілу матеріалів які використовуються для догляду за свіжоукладеним бетоном. Дотримання правил за експлуатації доріг.

Вид ремонту. Видалення ослабленого шару фрезеруванням з використанням пересувних малогабаритних фрез. Обробка поверхні бетону просочувальними складами, які створюють високоміцні нерозчинні сполуки, збільшують щільність поверхневого шару, значно зменшують водопоглинання бетону, підвищують його морозостійкість. Обробка омолоджуючим (відновлюючим) складом для асфальбетонних покриттів (наприклад RECLAMITE, CRAFCO, ASP). Ремонт повітряно — струменевим методом. Видалення ослабленого шару фрезеруванням з використанням пересувних малогабаритних фрез. Обробка поверхні бетону просочувальними складами, які створюють високоміцні нерозчинні сполуки, збільшують щільність поверхневого шару, значно зменшують водопоглинання бетону, підвищують його морозостійкість.

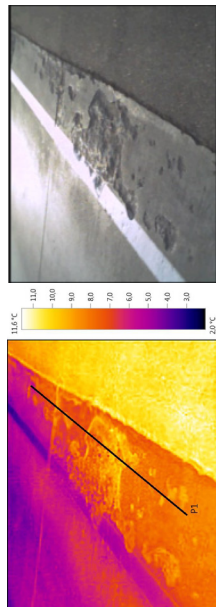
1. Лущення. Рівень руйнування — 2

Короткий опис. 1. Спочатку у вигляді незначного відшарування цементного розчину з поверхні покриття з наступним оголошенням крупного заповнювача. Можна виділити 3 групи місць розвитку лущення: 2. Блія поздовжніх і поперечних швів з наступним розповсюдженням на всю площу покриття. В основному спостерігається на покриттях, де нарізка швів здійснювалася в незатвердлому бетоні з обробкою кромок вручну.

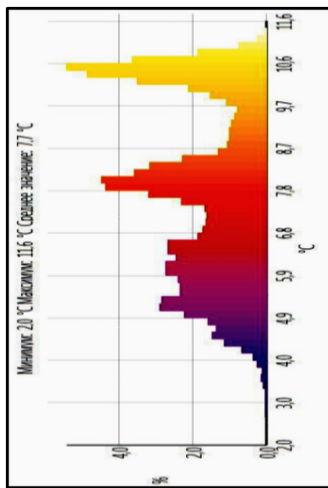
Причина виникнення. Відбуваються в результаті порушення зв'язності цементного каменю і заповнювачів (піску, щебеню), що характерно для бетонів низької якості, які мають невисокі показники адгезії цементного каменю до заповнювачів (міцність зчеплення). На процес лущення і викиршування покриттів значно впливають експлуатаційні фактори: багаторазово повторне прикладення навантажень від важких транспортних засобів (приводить до механічного відокремлення від поверхні плит і руйнування колесами частинок бетону); дія тертя від коліс та тепла від двигунів; механічне відділення від поверхні плит ослаблених частинок бетону з подальшим їх видаленням з длянки руйнування; застосування протиожеледних хімічних реагентів (інтенсифікує процес руйнування бетону при циклічному замороженні і відтаванні); використання невідповідних антиожеледних реагентів.

Спосіб запобігання. Застосування досконалих методів нарізки швів, наприклад, в затвердлому бетоні, що викликають ручну обробку кромок шва. Посипання антиожеледних солей через деякий період, коли закономірною будуть пори.

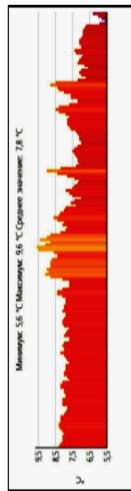
Від ремонт. Видалення ослабленого шару фрезеруванням з використанням пересувних малогабаритних фрез. Обробка поверхні бетону просочувальними складами, які створюють високоміцні нерозчинні сполуки, збільшують щільність поверхневого шару, значно зменшують водопоглинання бетону, підвищують його морозостійкість.



Гістограма



Лінійний профіль



1. Лущення. Рівень руйнування — 3

Короткий опис

3. Суцільне лущення покриття. Незалежно від методу догляду підвищене лущення спостерігається по краях покриття (у зоні 0,5—1 м).

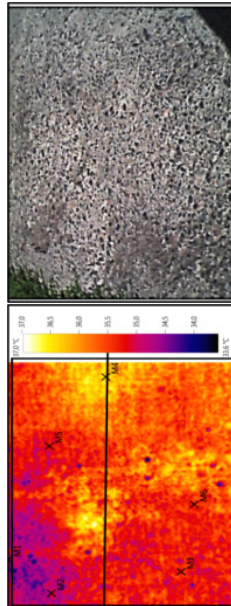
Причина виникнення

Застосування хлористих солей в зимовий період для боротьби з ожеледицею на покриттях, недостатньо стійких в агресивному середовищі; неправильний догляд за свіжоукладеним бетоном.

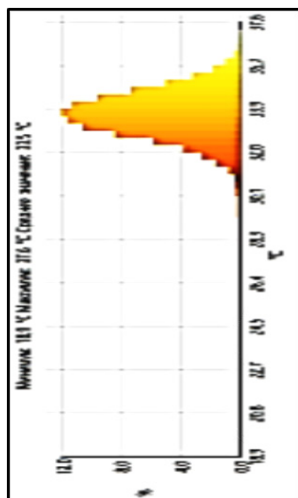
Спосіб запобігання

Використання бетонів з повітро-втягувальними добавками або відмова від застосування хлористих солей; своєчасний догляд за свіжо-укладеним бетоном в жаркий і сухий сезон року.

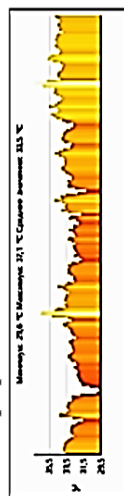
Вид ремонту. Видалення ослабленого шару фрезеруванням з використанням пересувних малогабаритних фрез. Обробка поверхні бетону просочувальними складами, які створюють високоміцні нерозчинні сполуки, збільшують цілісність поверхневого шару, значно зменшують водопоглинання бетону, підвищують його морозостійкість.



Гістограма



Лінійний профіль



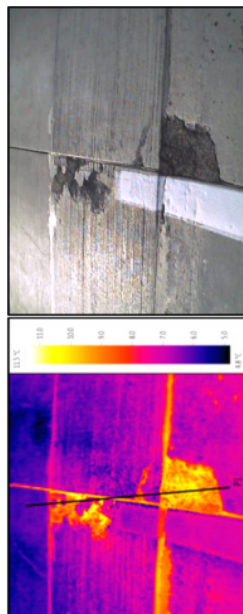
2. Руйнування кутів плит. Рівень руйнування — 1

Короткий опис:

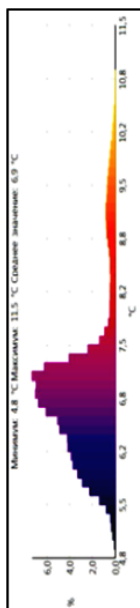
Як правило, в покриттях відколи зустрічаються трьох видів: Гіпотенуза відколу 25–30 см. Спостерігається в основному по краях покриття біля швів стиснення і у середині покриття в місці перетину позовжнього шва з швом розширення.

Причина виникнення: Гіпотенуза 25–39 см. Відколи біля швів стиснення пояснюються нарізкою шва не на повну ширину покриття, а біля швів розширення — зазором між торцями дерев'яних прокладок шва розширення в позовжнього шва, внаслідок чого пробка з бетону, що обплив, в цьому місці сприяє появі відколу. Способи запобігання: Необхідні розрізання покриття на всю ширину і ліквідація зазору між торцями прокладок.

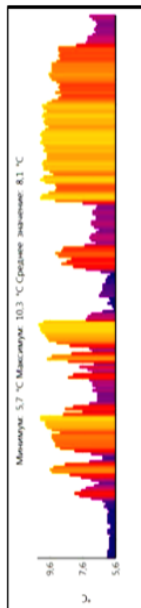
Вид ремонту. Структурний глибокий ремонт, який полягає у видаленні шарів до основи, влаштування вирівнюючого прошарку, армування ґраткою та влаштування нових шарів. Додатково до структурного ремонту 1 2 виконується ін'єктування розчину для укріплення основи або заміна слабкої основи (грунту). Влаштування укріпленого узбіччя шириною 0,5 м щелем товщиною 0,15 м вздовж зруйнованих крайок. Розбирання зруйнованого покриття крайки до шару основи (регенерованих або суміш С-5) та влаштування нових цементобетонних шарів. Влаштування нової конструкції покриття, вид капітального ремонту, в якому розбивають існуюче покриття (жорстке) на малі уламки, в результаті отримують високоякісний основний кам'яний матеріал.



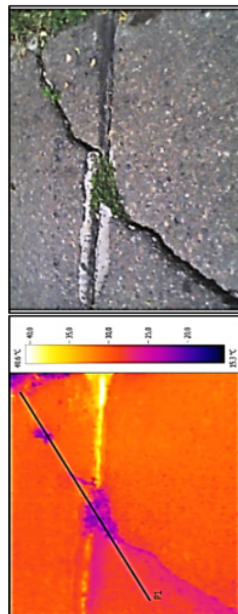
Гістограма



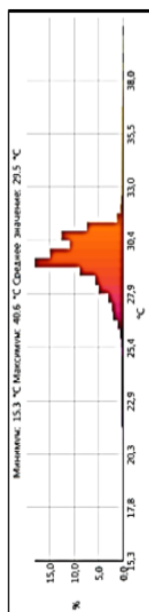
Лінійний профіль



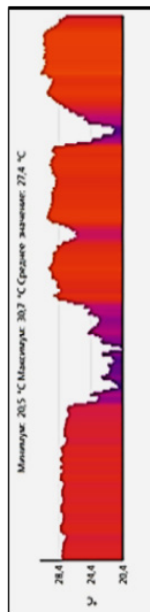
2. Руйнування кутів плит. Рівень руйнування — 2



Гістограма



Лінія профілю

**Короткий опис.**

Гіпотенуза відколу 60–80 см. Відкол спостерігається лише на краю покриття біля поперечного шва стиску.

Причина виникнення.

Відкол спричинений впливом крайової арматури, яка проходить через шви стиснення, що обумовлює появу критичних згинаючих моментів при температурних деформаціях сусідніх плит покриття.

Спосіб запобігання.

Не допускати пропуск крайової арматури через шви у разі її застосування.

Вид ремонту.

Структурний глибокий ремонт, шляхом видаленні шарів до основи, влаштування вирівнюючого прошарку, армування ґраткою та влаштування нових шарів. Додатково виконується ін'єктування розчину для укріплення основи або заміна слабкої основи (грунту). Влаштування основи укріпленого узбіччя шириною 0,5 м щебенем товщиною 0,15 м вздовж зруйнованих країв. Розбирання зруйнованого покриття трайки до шару основи (регенерований або суміш С-5) та влаштування нових цементобетонних шарів. Влаштування нової конструкції покриття, вид капітального ремонту, в якому розбивають існуюче покриття (жорстке) на малі уламки, в результаті отримують високоякісний кам'яний матеріал основи.

2. Руїнування кутів плит . Рівень руїнування — 3

Короткий опис.

Гіпотенуза відколу більше 80 см. Відкол спостерігається лише на краю покриття біля поперечного шва стяжки. Гіпотенуза відколу більше 80 см. Відкол спостерігається без якої-небудь закономірності.

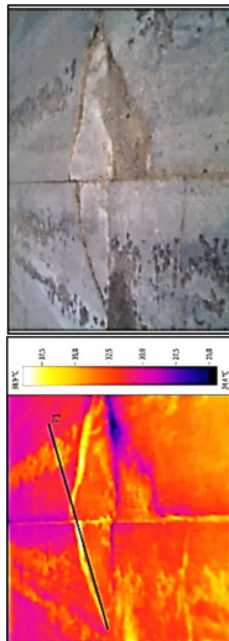
Причина виникнення.

Відкол спостерігається без якої-небудь закономірності. Відкол спричинений рухом АТЗ в результаті втрати стійкості основи при недостатньому ущільненні ґрунтів або ерозії основи при неправильному утриманні швів в процесі експлуатації.

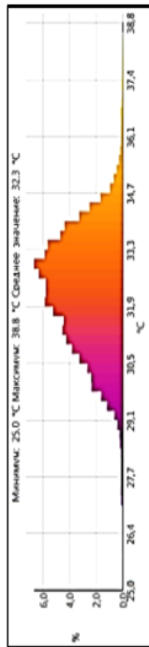
Спосіб запобігання.

Своєчасна заливка швів мастикою, правильне вдовідведення і ретельний контроль за ущільненням ґрунтів.

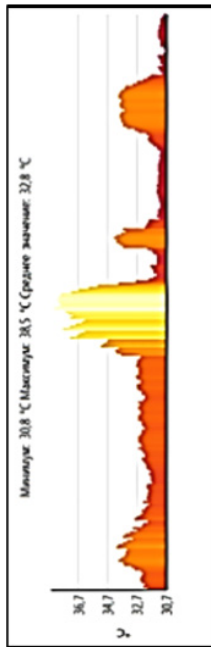
Вид ремонту. Маркування, оконтурювання дефектних місць за допомогою нарізчиків швів з алмазними дисками, видалення зруйнованого бетону пневмо-інструментом з малою енергією удару (спеціальні перфоратори, голчасті пістолеги), очищення за допомогою металевих щіток, установка в шов (тріщину) гнучкої опалубки, установка анкерів або армосток (якщо потрібно), ґрунтовка поверхні, заповнення пошкоджені ділянки ремонтним матеріалом, догляд за поверхнею (при застосуванні ремонтного матеріалу на основі мінерального в'язучого), після затвердіння — видалення м'якої опалубки. Армування потрібно тільки при застосуванні для ремонту матеріалів на мінеральних в'язучих.



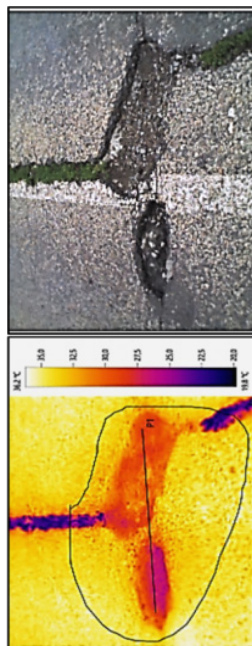
Гістограма



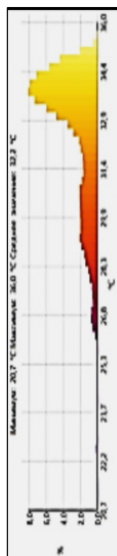
Лінія профілю



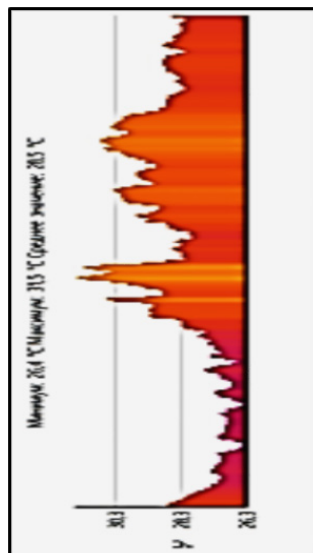
3. Вибійни. Рівень руйнування — 1



Гістограма



Лінія профілю



Короткий опис: Місцеве розхилення структури бетону під впливом природних чинників і руху автотранспорту з подальшим відривом окремих складових. В результаті на покритті утворюються понижені місця (глибиною до 6–7 см), які різко погіршують умови руху.

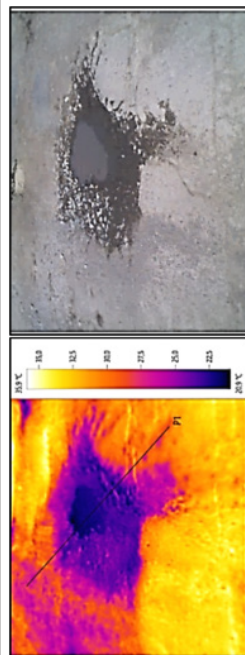
Причина виникнення: Використання для бетону брудного щебеню, застосування бетону з неоднаковою осадкою конуса і, як наслідок, недостатнє його ущільнення, використання залежаних цементів і неморозостійкого щебеню або гравію.

Спосіб запобігання: Застосування для влаштування покриття бетонів, що задовольняють вимогам норм і інструкцій по влаштуванню цементобетонних покриттів. Промивання щебеню перед приготуванням бетонної суміші.

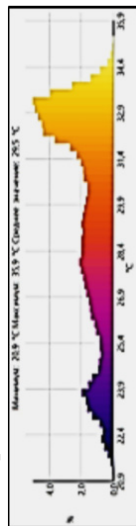
Вид ремонту. Заповнити руйнування дрібнозернистим асфальтобетоном або швидкоотверднучим ремонтним складом.

Незалежно від характеру ушкоджень, вибоїни підлягають негайній ліквідації, тому що служать джерелом подальшого руйнування бетонної поверхні. Ремонтні суміші для бетону повинні бути підібрані з урахуванням умов експлуатації бетонних конструкцій (погодні умови, часте вплив хімічних речовин і навантаження від коліс транспортних засобів, температурний режим).

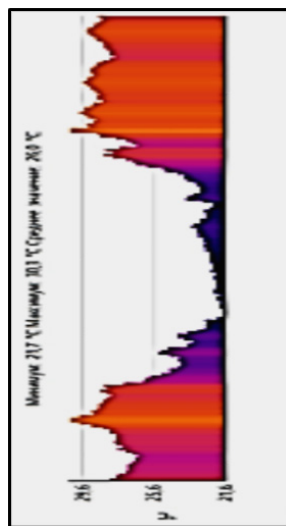
3. Вибійни. Рівень руйнування — 2



Гістограма



Лінійний профіль



Короткий опис: Місцеве розхитування структури бетону під впливом природних чинників і руху автотранспорту з подальшим відривом окремих складових. В результаті на покритті утворюються понижені місця (глибиною до 6–7 см), які різко погіршують умови руху.

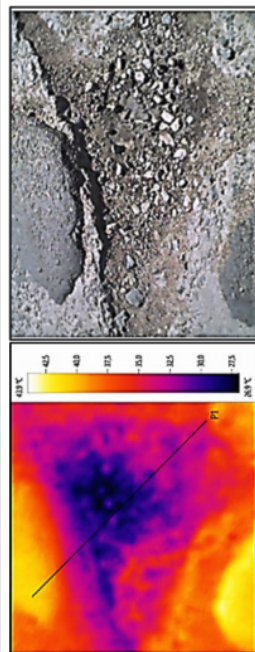
Причина виникнення: Використання для бетону брудного щебеню, застосування бетону з неоднаковою осадкою конуса і, як наслідок, недостатнє його ущільнення, використання залежаних елементів і неморозостійкого щебеню або гравію.

Спосіб запобігання: Застосування для влаштування покриття бетонів, що задовольняють вимогам норм і інструкцій по влаштуванню цементобетонних покриттів. Промивання щебеню перед приготуванням бетонної суміші.

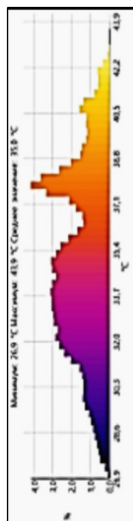
Вид ремонту. Заповнити руйнування дрібнозернистим асфальтобетоном або швидкоотверднучим ремонтним складом.

Незалежно від характеру ушкодження, вибоїни підлягають негайній ліквідації, тому що служать джерелом подальшого руйнування бетонної поверхні. Ремонтні суміші для бетону повинні бути підібрані з урахуванням умов експлуатації бетонних конструкцій (погодні умови, часте вплив хімічних речовин і навантаження від коліс транспортних засобів, температурний режим).

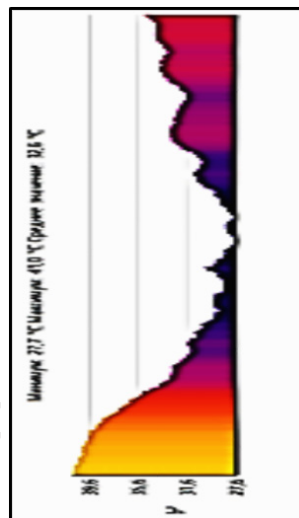
3. Вибійни. Рівень руйнування — 3



Гістограма



Лінія профілю



Короткий опис: Місцеве розхищення структури бетону під впливом природних чинників і руху автотранспорту з подальшим відривом окремих складових. В результаті на покритті утворюються понижені місця (глибиною до 6–7 см), які різко погіршують умови руху.

Причина виникнення: Використання для бетону брудного щебеню, застосування бетону з неоднаковою осадкою конуса і, як наслідок, недостатнє його ущільнення, використання залежаних цементів і неморозостійкого щебеню або гравію.

Спосіб запобігання: Застосування для влаштування покриття бетонів, що задовольняють вимогам норм і інструкцій по влаштуванню цементобетонних покриттів. Промивання щебеню перед приготуванням бетонної суміші.

Вид ремонту. Заповнити руйнування дрібнозернистим асфальтобетоном або швидкоотверднучим ремонтним складом.

Незалежно від характеру ушкодження, вибоїни підлягають негайній ліквідації, тому що служать джерелом подальшого руйнування бетонної поверхні. Ремонтні суміші для бетону повинні бути підібрані з урахуванням умов експлуатації бетонних конструкцій (погодні умови, часте вплив хімічних речовин і навантаження від коліс транспортних засобів, температурний режим).

4. Поперечні тріщини. Рівень руйнування — 1

Короткий опис

Одиночні наскрізні тріщини шириною 0,1–2 мм, поширені в 1/4; 1/3; 1/2 довжини плити. Звивистість тріщин — до 10 см, а відхилення від поперечного напрямку не перевищує 1,5 м по повдовжньому шву. Інтенсивність появи тріщин вище в плитах більшої довжини. Тріщини утворюються в покриттях, укладених на різних основах, незалежно від наявності або відсутності ерозії основи через шви.

Причина виникнення

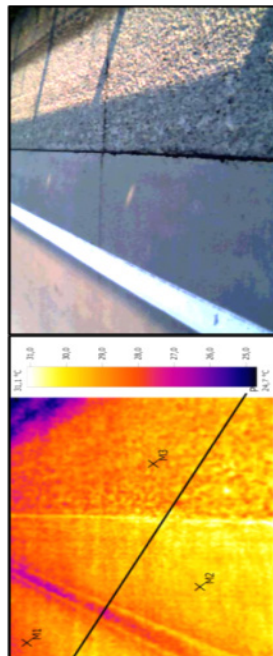
Кількість тріщин закономірно збільшується із зростанням інтенсивності руху.

Спосіб запобігання

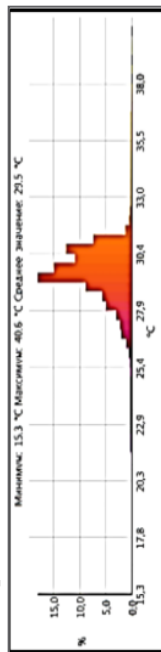
Найбільший ефект досягається при зменшенні довжини плити покриття. Проте при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні усунення тріщин може бути досягнуте як за рахунок підвищення міцності бетону, так і за рахунок збільшення несної здатності основи, особливо влаштуванням цементогрунтової основи, а також збільшення товщини покриття і застосування армобетонних і струнобетонних покриттів.

Вид ремонту.

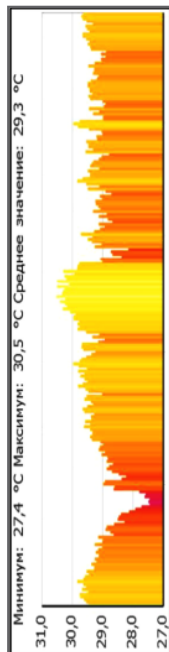
Розділення, підготовка, укладання ущільнюючого шпнуру, обробка ґрунтового, заповнення (залівка) тріщин герметизуючим матеріалом, присипання піском. Розділка, очищення, заливка тріщин



Гістограма



Лінія профілю



4. Поперечні тріщини. Рівень руйнування — 2

Короткий опис

Руйнування дорожнього покриття удосконаленого типу внаслідок різких перепадів температури повітря у вигляді наскрізних близьких до поперечних (температурних) тріщин, розташовуваних на певній відстані одна від одної (від 5 і більше метрів).

Причина виникнення

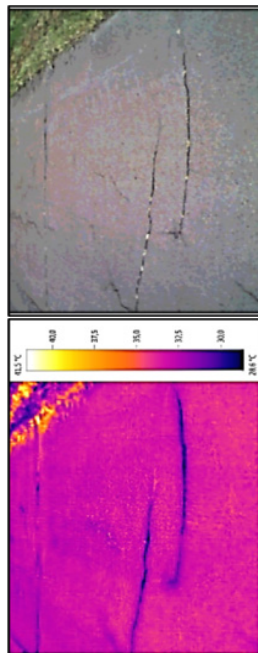
Кількість тріщин закономірно збільшується із зростанням інтенсивності руху.

Спосіб запобігання

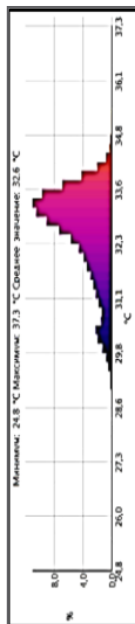
Найбільший ефект досягається при зменшенні довжини плити покриття. Проте при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні усунення тріщин може бути досягнуто як за рахунок підвищення міцності бетону, так і за рахунок збільшення несної здатності основи, особливо влаштуванням цементогрунтової основи, а також збільшення товщини покриття і застосування армобетонних і струнобетонних покриттів.

Вид ремонту.

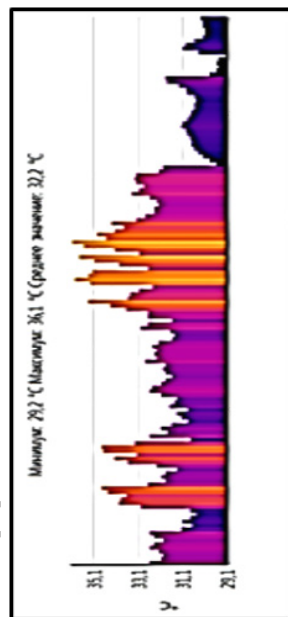
Розділення, підготовка, укладання ущільнюючого шпунту, обробка ґрунтовкою, заповнення (залівка) тріщин герметизуючим матеріалом, приписання піском. Розділка, очищення, заливка тріщин.



Гістограма



Лінія профілю



4. Поперечні тріщини. Рівень руйнування — 3

Короткий опис

Одиночні наскрізні тріщини шириною 0,1–2 мм, поширені в 1/4; 1/3; 1/2 довжини плити. Звивистість тріщин — до 10 см, а відхилення від поперечного напрямку не перевищує 1,5 м по повдовжньому шву. Інтенсивність появи тріщин вище в плитах більшої довжини. Тріщини утворюються в покриттях, укладених на різних основах, незалежно від наявності або відсутності ерозії основи через шви.

Причина виникнення

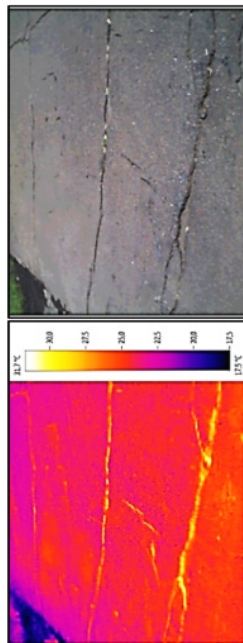
Кількість тріщин закономірно збільшується із зростанням інтенсивності руху.

Спосіб запобігання

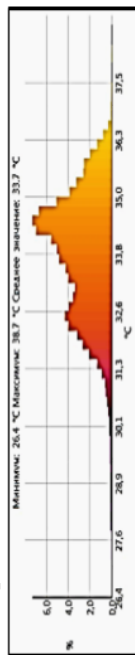
Найбільший ефект досягається при зменшенні довжини плити покриття. Проте при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні усунення тріщин може бути досягнуте як за рахунок підвищення міцності бетону, так і за рахунок збільшення несної здатності основи, особливо влаштуванням цементогрунтової основи, а також збільшення товщини покриття і застосування армобетонних і струнубетонних покриттів.

Вид ремонту.

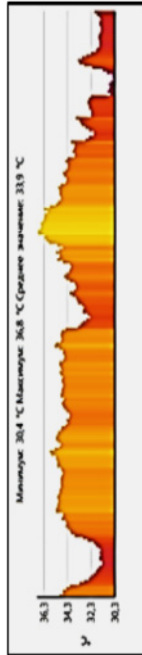
Розділення, підготовка, укладання ущільнюючого шпнуру, обробка ґрунтовою, заповнення (залівка) тріщин герметизуючим матеріалом, присипання піском. Розділка, очищення, заливка тріщин.



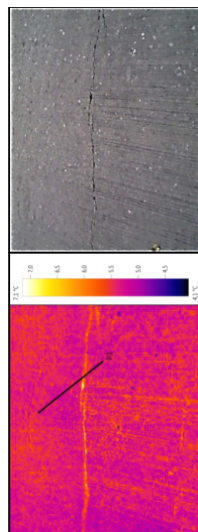
Гістограма



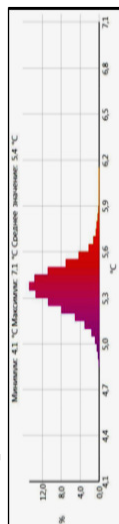
Лінія профілю



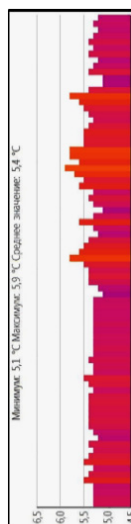
5. Поздовжні тріщини. Рівень руйнування — 1



Гістограма



Лінія профілю



Короткий опис: Руйнування дорожнього одгугу внаслідок інтенсивних втомних процесів. На початковій стадії мають вигляд малопримітних волосяних тріщин, що проходять по смугах накагу.

Причина виникнення: Використання для бетону брудного щебеню, застосування бетону з неоднаковою осадкою конуса і, як наслідок, недостатнє його ущільнення, використання залежаних цементів і неморозостійкого щебеню або гравію.

Спосіб запобігання: Застосування для влаштування покриттів бетонів, що задовольняють вимогам норм і інструкцій по влаштуванню цементобетонних покриттів. Промивання щебеню перед приготуванням бетонної суміші.

Вид ремонту. Заливка тріщин шириною до 3 мм мало в'язким бітумом або бітумною емульсією із засипкою відстоєм. Розділення тріщин спеціальними фрезами із заповненням теплостійким та деформативним матеріалом) згідно умов експлуатації. Тріщини шириною до 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям. Заповнюють тріщини полімерно-бітумними мастиками. Заливанням бітумною мастикою (резиново-бітумною мастикою) за допомогою машини плавиально-заливальної Strassmaut RWK 600/500. Тріщини більше 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям, ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ). Поверхня відремонтованих тріщин повинна бути присипана гарячим піском або мінеральним порошокм і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою. При перетворенні тріщин 15–20мм у шов застосовують алмазні диски, при ширині пазу шва 15–20 мм глибина пазу повинна складати 25–30 мм. обов'язково застосування ущільнювального джгута, товщина якого повинна перевищувати в 1,5 рази максимальне розкриття паза шву. Очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ), присипання гарячим піском або мінеральним порошокм і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою.

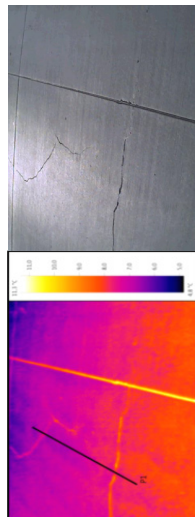
5. Поздовжні тріщини. Рівень руйнування — 2

Короткий опис: Місцеве розхиляння структури бетону під впливом природних чинників і руху автотранспорту з подальшим відривом окремих складових. В результаті на покритті утворюється понижені місця (глибиною до 6–7 см), які різко погіршують умови руху.

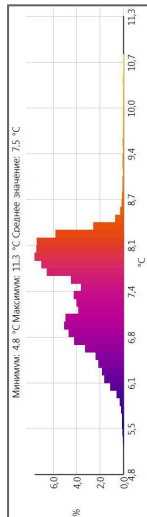
Причина виникнення: Найчастіше причиною утворення є проникання вологи через узбіччя та неоднакова несна здатність при поширенні конструкції дорожнього одягу.

Спосіб запобігання: Застосування для влаштування покриття бетонів, що задовольняють вимогам норм і інструкцій по влаштуванню цементобетонних покриттів. Промивання щєбеню перед приготуванням бетонної суміші.

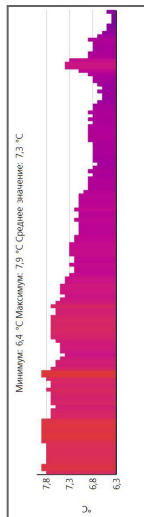
Вид ремонту. Заливка тріщин шириною до 3 мм мало в'язким бітумом або бітумною емульсією із засадиною відсівом. Розділення тріщин спеціальними фрезами із заповненням теплостійким та деформативним матеріалом згідно умов експлуатації. Тріщини шириною до 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям. Заповнюють тріщини полімерно-бітумними мастиками. Заливанням бітумною мастикою (резиново-бітумною мастикою) за допомогою машин плавильно-заливальної Stassmaut RWK 600/500. Тріщини більше 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям, ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ). Поверхня відремонтованих тріщин повинна бути присипана гарячим піском або мінеральним порошком і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою. При перетворенні тріщин 15–20 мм у шов застосовують алмазні диски, при ширині пазу шва 15–20 мм глибина пазу повинна складати 25–30 мм. обов'язкове застосування ущільнювального джгуту, товщина якого повинна перевищувати в 1,5 рази максимальне розкриття паза шву. Очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ), присипання гарячим піском або мінеральним порошком і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою.



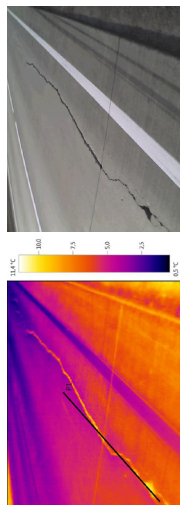
Гістограма



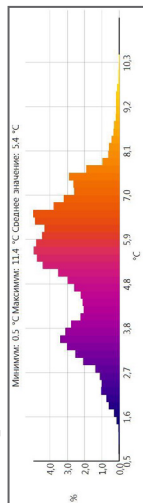
Лінійний профіль



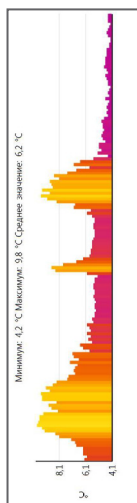
5. Поздовжні тріщини. Рівень руйнування — 3



Гістограма



Лінія профілю



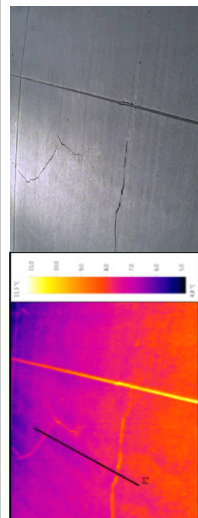
Короткий опис. Середньо звислі (до 15 см) наскрізні поздовжні тріщини в покриттях з поздовжнім швом. Найчастіше розвиваються у середині плити шириною 3,5 м. Менший відсоток тріщин спостерігається в 1/3 ширині плити.

Причина виникнення. Найчастіше причиною утворення є пропикання вологості через узбіччя, неякісно заповнені шви та неодноразова несна здатність при поширенні конструкції дорожнього одягу. Збільшення кількості тріщин відбувається із збільшенням строку служби покриття і внаслідок зростання інтенсивності руху транспортних засобів.

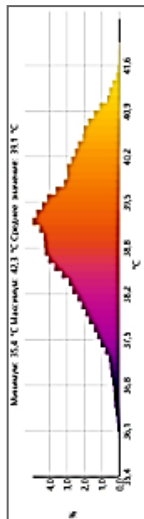
Спосіб запобігання. Збільшення товщини покриття. За даними обстежень збільшення товщини покриття на 1 см приблизно на 25–30 % зменшує поздовжнє розтріскування.

Вид ремонту. Заливка тріщин шириною до 3 мм мало в'язким бітумом або бітумною емульсією із засипкою відсівом. Розділення тріщин спеціальними фрезами із заповненням теплостійким та деформативним матеріалом) згідно умов експлуатації. Тріщини шириною до 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям. Заповнюють тріщини полімерно-бітумними мастиками. Заливанням бітумною мастикою (резіно-бітумною мастикою) за допомогою машини плавильно-заливальної Strassmatt RWK 600/500. Тріщини більше 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям, ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ). Поверхня відремонтованих тріщин повинна бути присипана гарячим піском або мінеральним порошок і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою. При перетворенні тріщин 15–20 мм у шов застосовують алмазні диски, при ширині пазу шва 15–20 мм глибина пазу повинна складати 25–30 мм. обов'язкове застосування ущільнювального джгута, товщина якого повинна перевищувати в 1,5 рази максимальне розкриття паза шву. Очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ), присипання гарячим піском або мінеральним порошок і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою.

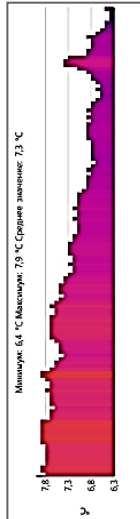
6. Косі тріщини. Рівень руйнування — 1



Гістограма



Лінійний профіль



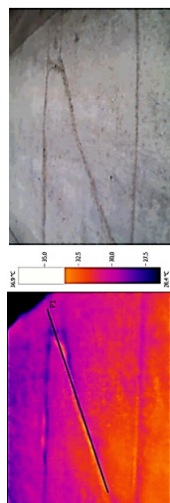
Короткий опис. Руйнування дорожнього одягу тріщинами, що розташовані під кутом (30–60°) до осі проїзної частини. Малоовивисті, наскрізні тріщини, з відхиленням від поперечного напрямку більш ніж на 1,5 м по поздовжньому шву. Дуже часто тріщини починаються біля краю покриття перетинають подовжній шов і закінчуються біля поперечного. Тріщини спостерігали в покриттях, армованих сіткою або при недостатній несній здатності основи та гнучу земляного полотна.

Причина виникнення. Причина дефекту остаточно не встановлена. Очевидно, вона пов'язана з впливами арматурної сітки і впливом тангенціальних напружень. Іншою причиною є недорізання подовжнього шва до кінця плити.

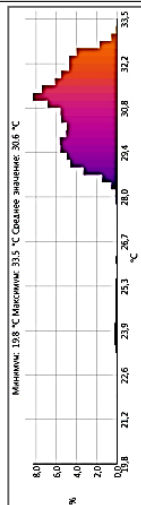
Спосіб запобігання. Заливка тріщин герметизуючими матеріалами (мастиками) або закриття бітумно-полімерними стрічками.

Вид ремонту. Заливка тріщин шириною до 3 мм мало в'язким бітумом або бітумною емульсією із засипкою відсівом. Розділення тріщин спеціальними фрезами із заповненням теплоізоляційним та деформативним матеріалом згідно умов експлуатації. Тріщини шириною до 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям. Заповнюють тріщини полімерно-бітумними мастиками. Заливанням бітумною мастикою (резиново-бітумною мастикою) за допомогою машини плавильно-заливальної Strassmaut RWK 600/500. Тріщини більше 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям, ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ). Поверхня відремонтованих тріщин повинна бути приписана гарячим піском або мінеральним порошком і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою. При перетворенні тріщин 15–20 мм у шов застосовують алмазні диски, при ширині пазу шва 15–20 мм глибина пазу повинна складати 25–30 мм. обов'язкове застосування ущільнювального джгута, товщина якого повинна перевищувати в 1,5 рази максимальне розкриття паза шву. Очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ), приписання гарячим піском або мінеральним порошком і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою. Розділка, очищення, заливка тріщин.

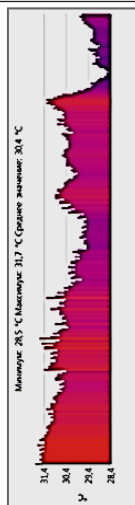
6. Косі тріщини. Рівень руйнування — 2



Гістограма



Лінія профілю



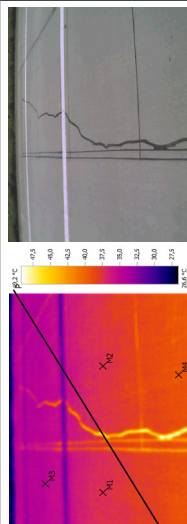
Короткий опис. Малозви́сті, наскрі́зані тріщи́ни, з відхи́ленням від попе́речного напряду́ більш ніж на 1,5 м по поздовжньому шву. Дуже часто тріщи́ни починаються біля краю покриття, перегинають подовжній шов і закінчу́ються біля попере́чного. Тріщи́ни спостерігали в покриттях, армованих сіткою або при недостатній несній здатності основи та гнучу земляного полотна.

Причина виникнення. Причи́на дефекту остаточно не встановлена. Оче́видно, вона пов'язана з впливами арматурної сітки і впливом тангенціальних напру́жень. Іншою причиною є недорі́зання поздовжнього шва до кінця плити.

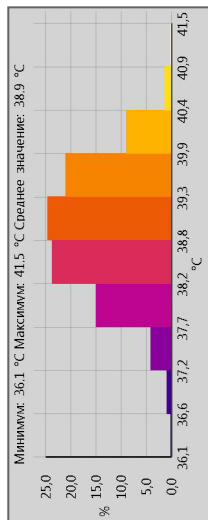
Спосіб запобігання. Заливка тріщин герметизуючими матеріалами (мастиками) або закриття бітумно-полімерними стрічками.

Вид ремонту. Заливка тріщин шириною до 3 мм мало в'язким бітумом або бітумною емульсією із заси́пкою відсівом. Розділення тріщин спеціальними фрезами із заповненням теплостійким та деформативним матеріалом) згідно умов експлуатації. Тріщини шириною до 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям. Заповнюють тріщини полімерно-бітумними мастиками. Заливанням бітумною мастикою (резиново-бітумною мастикою) за допомогою машини плавильно-заливальної Stasstaugt RWK 600/500. Тріщини більше 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям, ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ). Поверхня відремонтованих тріщин повинна бути присипана гарячим піском або мінеральним порошоком і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою. При перетворенні тріщин 15–20 мм у шов застосовують алмазні диски, при ширині пазу шва 15–20 мм глибина пазу повинна складати 25–30 мм. обов'язкове застосування упільнювального дагута, товщина якого повинна перевищувати в 1,5 рази максимальне розкриття паза шву. Очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ), присипання гарячим піском або мінеральним порошоком і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою. Розділка, очищення, заливка тріщин.

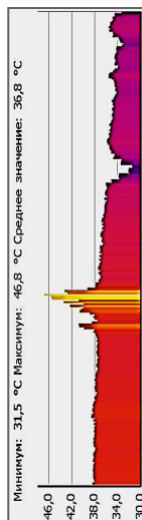
6. Косі тріщини. Рівень руйнування — 3



Гістограма



Лінія профілю



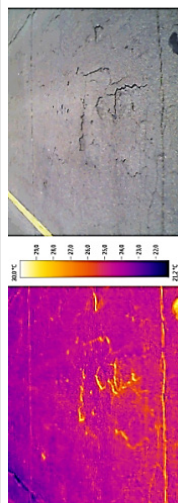
Короткий опис. Малозви́стості, наскрі́зані тріщи́ни, з відхи́ленням від поперечного напрямку більш ніж на 1,5 м по поздовжньому шву. Дуже часто тріщини починаються біля краю покриття перетинають поздовжній шов і закінчуються біля поперечного. Тріщини спостерігали в покриттях, армованих сіткою або при недостатній несній здатності основи та ґрунту земляного полотна.

Причина виникнення. Причина дефекту остаточно не встановлена. Очевидно, вона пов'язана з впливами арматурної сітки і впливом тангенціальних напружень. Іншою причиною є недорізання поздовжнього шва до кінця плити.

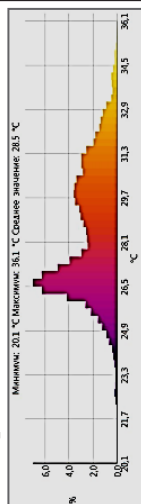
Спосіб запобігання. Заливка тріщин герметизуючими матеріалами (мастиками) або закриття бітумно-полімерними стрічками.

Вид ремонту. Заливка тріщин шириною до 3 мм мало в'язким бітумом або бітумною емульсією із засипкою відсівом. Розділення тріщин спеціальними фрезами із заповненням теплостійким та деформативним матеріалом) згідно умов експлуатації. Тріщини шириною до 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям. Заповнюють тріщини полімерно-бітумними мастиками. Заливанням бітумною мастикою (резино-бітумною мастикою) за допомогою машини плавильно-заливальної Strassmatt RWK 600/500. Тріщини більше 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям, ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ). Поверхня відремонтованих тріщин повинна бути прикрита гарячим піском або мінеральним порошком і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою. При перетворенні тріщин 15–20 мм у шов застосовують алмазні диски, при ширині пазу шва 15–20 мм глибина пазу повинна складати 25–30 мм. обов'язкове застосування ущільнювального джгута, товщина якого повинна перевищувати в 1,5 рази максимального криття паза шву. Очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ), присипання гарячим піском або мінеральним порошком і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою. Розділка, очищення, заливка тріщин.

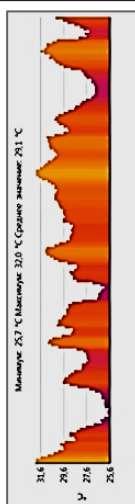
7. Сітка тріщин. Рівень руйнування — 1



Гістограма



Лінійний профіль



Короткий опис. Сітка тріщин є дефектом покриття у вигляді ділянки покриття з можливими тріщинами, що перетинаються.

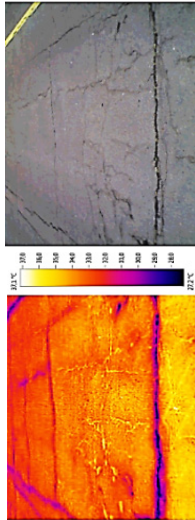
Часті зивисті наскрізні тріщини із рваними кромками, розвинені як на всій площі плити, так і на окремих її частинах.

Причина виникнення. Дефект обумовлений або втрагою стійкості земляного полотна, або втрагою несної здатності покриття, конструкція якого не відповідає сучасному руху.

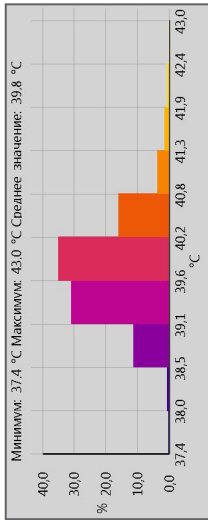
Спосіб запобігання. Ретельний контроль за водовідведенням і щільністю ґрунтів. Необхідне правильне урахування перспективного руху при конструюванні покриття.

Вид ремонту. Заливка тріщин шириною до 3 мм мало в'язким бітумом або бітумною емульсією із засипкою відсівом. Розділення тріщин спеціальними фрезами із заповненням теплостійким та деформативним матеріалом) згідно умов експлуатації. Тріщини шириною до 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям. Заповнюють тріщини полімерно-бітумними мастиками. Заливанням бітумною мастикою (резиново-бітумною мастикою) за допомогою машин плавиально-залізальної Strassmaut RWK 600/500. Тріщини більше 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям, ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ). Поверхня відремонтованих тріщин повинна бути присипана гарячим піском або мінеральним порошком і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою. При перетворенні тріщин 15–20 мм у шов застосовують алмазні диски, при ширині пазу шва 15–20 мм глибина пазу повинна складати 25–30 мм. обов'язкове застосування ущільнювального дроту, товщина якого повинна перевищувати в 1,5 рази максимальне розкриття паза шву. Очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ), присипання гарячим піском або мінеральним порошком і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою.

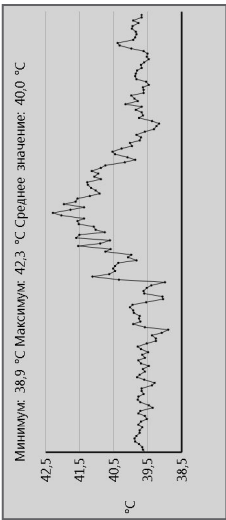
7. Сітка тріщин. Рівень руйнування — 2



Гістограма



Лінія профілю



Короткий опис. Сітка тріщин є дефектом покриття у вигляді ділянки покриття з множинними тріщинами, що перетинаються.

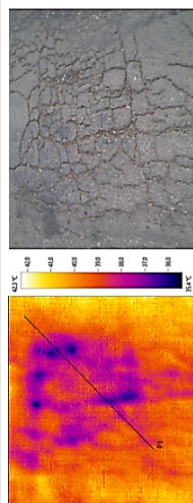
Часті звивисті наскрізні тріщини із рваними крокками, розвинені як на всій площі плити, так і на окремих її частинах.

Причина виникнення. Дефект обумовлений або втратою стійкості земляного полотна, або втратою несної здатності покриття, конструкція якого не відповідає сучасному руху.

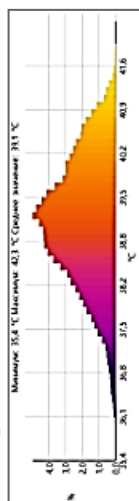
Спосіб запобігання. Ретельний контроль за водовідведенням і щільністю ґрунтів. Необхідне правильне урахування перспективного руху при конструюванні покриття.

Вид ремонту. Заливка тріщин шириною до 3 мм мало в'язким бітумом або бітумною емульсією із засипкою відсівом. Розділення тріщин спеціальними фрезами із заповненням теплостійким та деформативним матеріалом) згідно умов експлуатації. Тріщини шириною до 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям. Заповнюють тріщини полімерно-бітумними мастиками. Заливанням бітумною мастикою (резиново-бітумною мастикою) за допомогою машин плавиально-заливальної Strassmaut RWK 600/500. Тріщини більше 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям, ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ). Поверхня відремонтованих тріщин повинна бути прикритта гарячим піском або мінеральним порошком і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою. При перетворенні тріщин 15–20 мм у шов затерту дорожньою праскою. При перетворенні тріщин 15–20 мм у шов затерту дорожньою праскою, при ширині пазу шва 15–20 мм глибина пазу повинна складати 25–30 мм. обов'язкове застосування ущільнювального джгуту, товщина якого повинна перевищувати в 1,5 рази максимальне розкриття паза шву. Очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ), присипання гарячим піском або мінеральним порошком і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою.

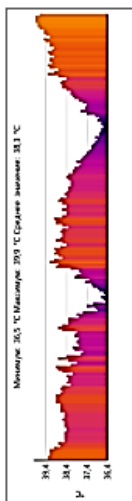
7. Сітка тріщин. Рівень руйнування — 3



Гістограма



Лінія профілю



Короткий опис. Сітка тріщин є дефектом покриття у вигляді ділянки покриття з множинними тріщинами, що перетинаються.

Часті з'явисті наскрізні тріщини із рваними кромками, розвинені як на всій площі плити, так і на окремих її частинах.

Причина виникнення. Дефект обумовлений або втратою стійкості земляного полотна, або втратою несної здатності покриття, конструкція якого не відповідає сучасному руху.

Спосіб запобігання. Ретельний контроль за водовідведенням і щільністю ґрунтів. Необхідне правильне урахування перспективного руху при конструюванні покриття.

Вид ремонту. Заливка тріщин шириною до 3 мм мало в'язким бітумом або бітумною емульсією із засипкою відсівом. Розділення тріщин спеціальними фрезами із заповненням теплостійким та деформативним матеріалом) згідно умов експлуатації. Тріщини шириною до 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям. Заповнюють тріщини полімерно-бітумними мастиками. Заливанням бітумною мастикою (резиново-бітумною мастикою) за допомогою машин плавиально-заливальної Stgassmaut RWK 600/500. Тріщини більше 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям, ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ). Поверхня відремонтованих тріщин повинна бути присипана гарячим піском або мінеральним порошком і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою. При перетворенні тріщин 15–20мм у шов застосовують алмазні диски, при ширині пазу шва 15–20 мм глибина пазу повинна на складати 25–30 мм. обов'язкове застосування ущільнювального джгута, товщина якого повинна перевищувати в 1,5 рази максимальне розкриття паза шву. Очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ), присипання гарячим піском або мінеральним порошком і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою.

8. Блочні тріщини. Рівень руйнування — 1

Короткий опис

Руйнування дорожнього покриття удосконаленого типу у вигляді розділення його сіткою тріщин різної розгалуженості при умовній стороні окремого вічка більше від 0,10 до 1,5 м і більше, що виникає при недостатній міцності дорожнього одягу або при високій жорсткості матеріалу покриття внаслідок його перевантаження. Відстань між блоками більше 1,5 м.

Причина виникнення

Виникають на високих настигах при незабезпеченому поверхневому водовідведенні та відсутності штирів в поздовжньому напрямку.

Спосіб запобігання

З'єднати плити шляхом влаштування арматурних стержнів в тлі бетону. Заповнити шви дрібнозернистим асфальтобетоном або мастикою.

Вид ремонту.

Розділка, очищення, заливка тріщин.

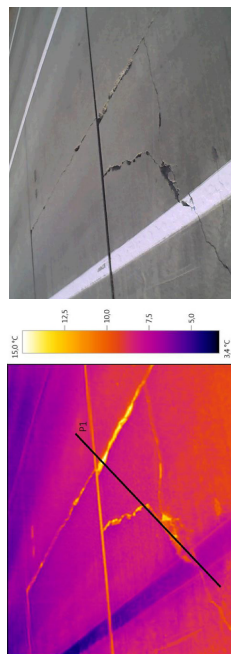
Очистка тріщин від пилу і бруду.

Розкриття (розбирання). Висушування або розігрів.

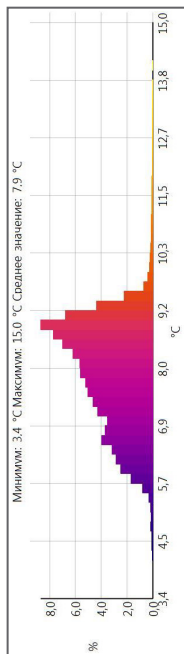
Обмазка або підгрунтовка.

Заповнення тріщин заповнювачем і герметизуючим матеріалом.

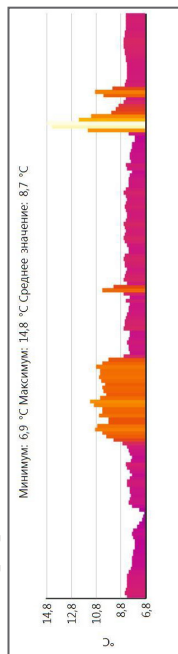
Присипка тріщин фрикційним матеріалом або заклеювання гарячим рідким заповнювачем.



Гістограма



Лінія профілю



8. Блочні тріщини. Рівень руйнування — 2	
Короткий опис Відстань між плитами від 0,75 до 1,5 м. Причина виникнення Виникають на високих настигах при незабезпеченому поверхневому водовідведенні та відсутності штирів в поздовжньому напрямку. Спосіб запобігання З'єднати плити шляхом влаштування арматурних стержнів в тілі бетону. Заповнити шви дрібнозернистим асфальтобетоном або мастикою. Вид ремонту. Розділка, очищення, заливка тріщин. Очистка тріщин від пилу і бруду. Розкриття (розбирання). Висушування або розігрів. Обмазка або підгрунтовка. Заповнення тріщин заповнювачем і герметизуючим матеріалом. Присипка тріщин фрикційним матеріалом або заклеювання гарячим рідким заповнювачем.	
Гістограма Мінімум: 4,2 °С; Максимум: 13,1 °С Середнє значення: 7,6 °С	Лінія профілю Мінімум: 5,2 °С; Максимум: 11,7 °С Середнє значення: 7,5 °С

8. Блочні тріщини. Рівень руйнування — 3

Короткий опис

Відстань між плитами менше 0,75 м.

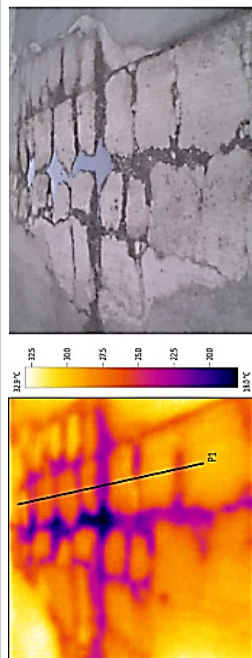
Причина виникнення

Виникають на високих настипах при незабезпеченому поверхневому водовідведенні та відсутності штирів в поздовжньому напрямку.

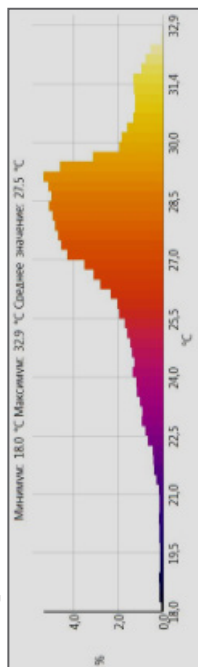
Спосіб запобігання

З'єднати плити шляхом влаштування арматурних стержнів в тілі бетону. Заповнити шви дрібнозернистим асфальтобетоном або мастикою.

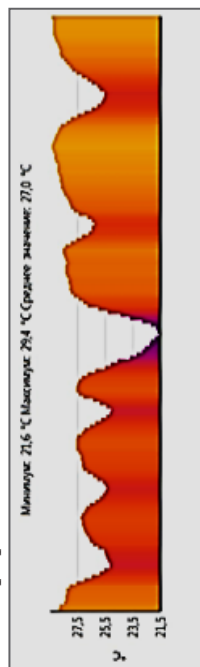
Вид ремонту. Заміна покриття.



Гістограма



Лінія профілю



9. Пошкодження швів. Рівень руйнування — 1

Короткий опис

Обламування кромок плит цементобетонних покриттів та (чи) вививання з шва мастичного матеріалу який його заповнював.

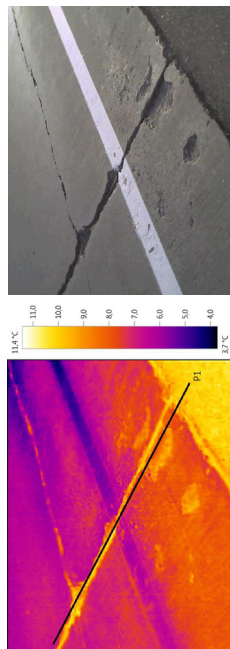
Причина виникнення: Використання пластичної суміші з меншою міцністю ніж на основному проїзді. Недостатня ширина зазорів швів для сприйняття температурних деформацій.

Місцеве розхитування структури бетону під впливом природних чинників і руху автотранспорту з подальшим відривом окремих складових. В результаті на покритті утворюються понижені місця (глибиною до 6–7 см), які різко погіршують умови руху на дорозі. Використання для бетону брудного щебеню, застосування бетону з неоднаковою осадкою конуса і, як наслідок, недостатнє його ущільнення, використання залежаних цементів і неморозостійкого щебеню або гравію.

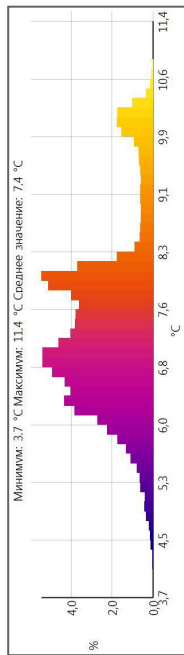
Спосіб запобігання: Заміна, влаштування нових з розрахунком параметрів в залежності від температурних умов. Влаштування виконувати в період максимального нагріву в літку.

Застосування для влаштування покриття бетонів, що задовольняють вимогам норм і інструкцій по влаштуванню цементобетонних покриттів. Промивання щебеню перед приготуванням бетонної суміші.

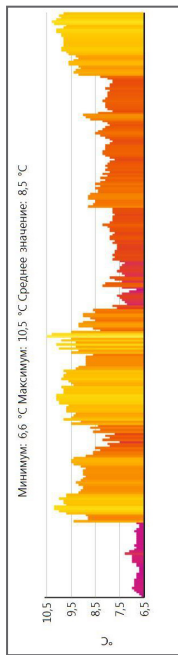
Вид ремонту. Розчистити шов, звільнити від пилу та бруду, залити мастикою або заповнити ущільнюючим матеріалом.



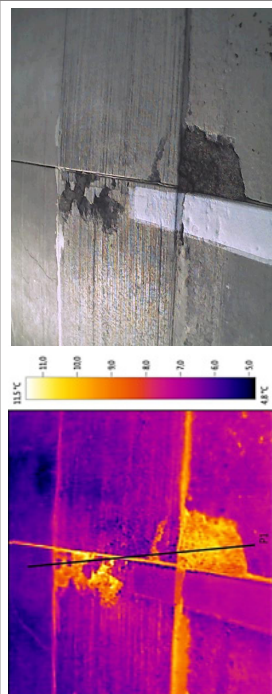
Гістограма



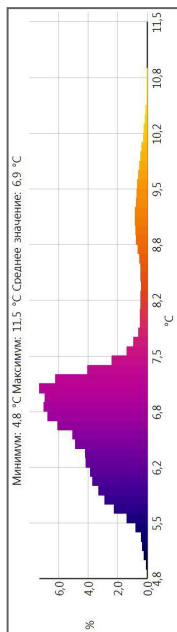
Лінія профілю



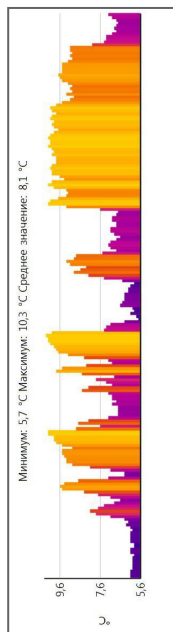
9. Пошкодження швів. Рівень руйнування — 2



Гістограма



Лінія профілю



Причина виникнення: Використання пластичної суміші з меншою міцністю ніж на основному проїзді. Недостатня ширина зазорів швів для сприйняття температурних деформацій.

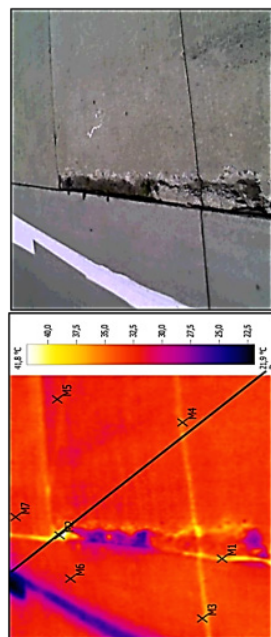
Місцеве розхилення структури бетону під впливом природних чинників і руху автотранспорту з подальшим відривом окремих складових. В результаті на покритті утворюються понижені місця (глибиною до 6–7 см), які різко погіршують умови руху на дорозі. Використання для бетону брудного щебеню, застосування бетону з неоднаковою осадкою конуса і, як наслідок, недостатнє його ущільнення, використання залежаних цементів і неморозостійкого щебеню або гравію.

Спосіб запобігання: Заміна, влаштування нових з розрахунком параметрів в залежності від температурних умов. Влаштування виконувати в період максимального нагріву в літку.

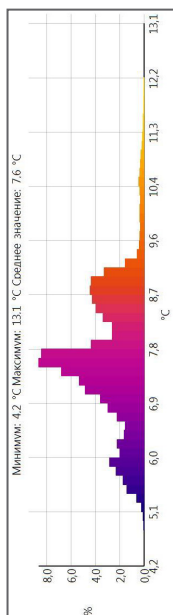
Застосування для влаштування покриття бетонів, що задовольняють вимогам норм і інструкцій по влаштуванню цементобетонних покриттів. Промивання щебеню перед приготуванням бетонної суміші.

Вид ремонту. Розчистити шов, звільнити від пилу та бруду. Виконати локальний ремонт зруйнованих місць. Залити мастикою або заповнити ущільнюючим матеріалом.

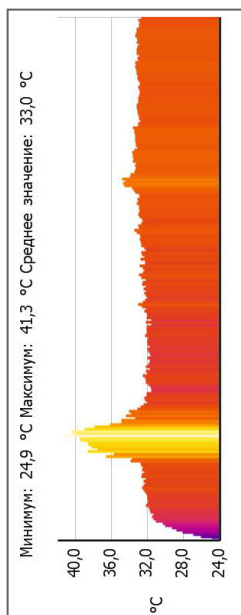
9. Пошкодження швів. Рівень руйнування — 3



Гістограма



Лінія профілю



Причина виникнення: Використання пластичної суміші з меншою міцністю ніж на основному проїзді. Недостатня ширина зазорів швів для сприйняття температурних деформацій.

Місцеве розхищення структури бетону під впливом природних чинників і руху автотранспорту з подальшим відривом окремих складових. В результаті на покритті утворюються понижені місця (глибиною до 6–7 см), які різко погіршують умови руху на дорозі. Використання для бетону брудного щебеню, застосування бетону з неоднаковою осадкою конуса і, як наслідок, недостатнє його ущільнення, використання залежаних цементів і неморозостійкого щебеню або гравію.

Спосіб запобігання: Заміна, влаштування нових з розрахунком параметрів в залежності від температурних умов. Влаштування виконувати в період максимального нагріву в літку.

Застосування для влаштування покриття бетону, що задовольняють вимогам норм і інструкцій по влаштуванню цементобетонних покриттів. Промивання щебеню перед приготуванням бетонної суміші.

Вид ремонту. При великому відсотку руйнування замінити деформаційний шов. Розчистити шов, звільнити від пилу та бруду та часток зруйнованого цементобетону. Замінити деформаційний шов. Виконати локальний ремонт зруйнованих місць. Залити мастикою або заповнити ущільнюючим матеріалом.

10. Просідання та проломи. Рівень руйнування — 1

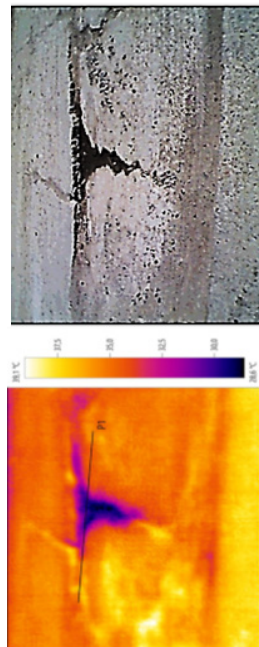
Короткий опис

Просідання — локальні деформації нежорстких одягтів у вигляді впадін з пологими схилами різного розміру у плані, глибиною (50–350) мм

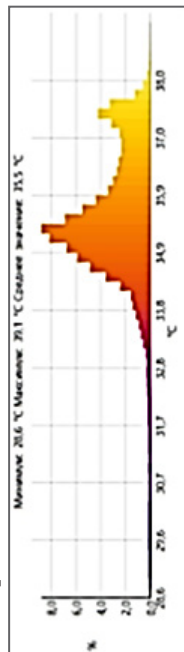
Проломи — руйнування дорожнього одягу у вигляді глибоких (аж до наскрізних) та значних за площею та довжиною прорізів по смугах накату від дії коліс транспортних засобів, особливо в періоди весняного зниження міцності дорожньої конструкції.

Спосіб запобігання. Наявність глинистих пилуватих ґрунтів в земляному полотні сприяють виникненню просадок. При влаштуванні дорожньої конструкції їх слід по можливості замінювати на стабільні матеріали, зміцнення глинистого ґрунту в основі земляного полотна. Важкий рух транспорту є важливим фактором і спричиняє прогресивний розвиток пошкодження. Ризик руйнування зростає протягом дощового сезону та весняно-осінній періоди перезволоження. В несприятливі періоди необхідно сезонне обмеження руху великовантажних транспортних засобів.

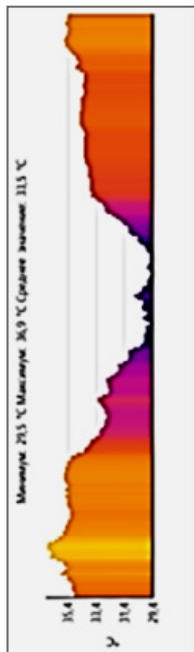
Вид ремонту. Локальний ремонт або заміна окремих плит.



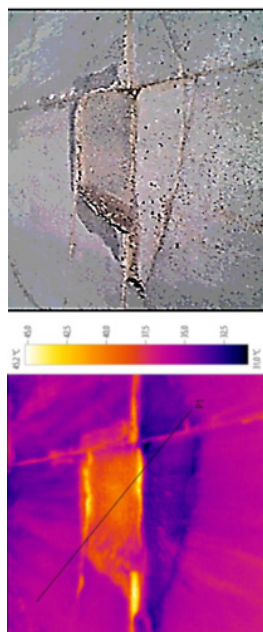
Гістограма



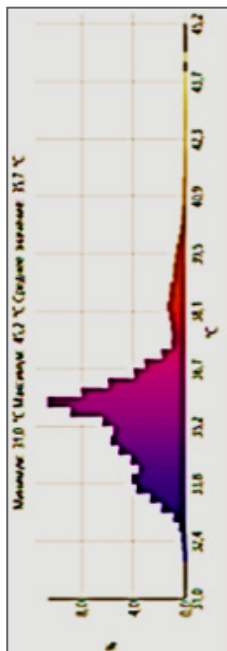
Лінія профілю



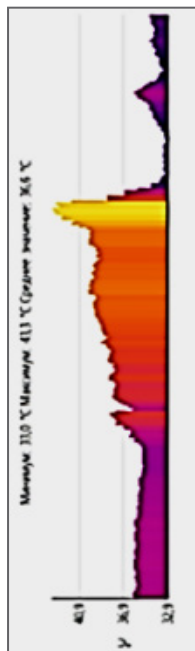
10. Просідання та проломи. Рівень руйнування — 2



Гістограма



Лінія профілю

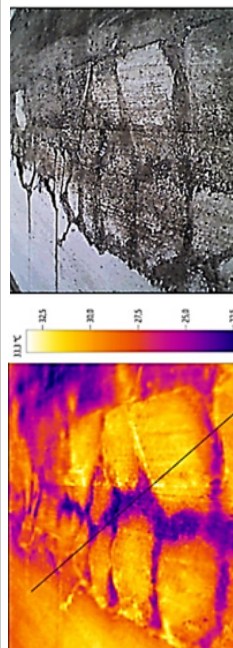
**Короткий опис**

Проломи – недостатня стійкість основи і ґрунту земляного полотна. Якщо деформація — локалізована у вигляді незначного просідання в поверхні дорожнього одягу, це результат недостатньої несної здатності основи. Відсутність ремонтів. Проникання води через тріщини і шви верхніх шарів в основу і ґрунт, перезволоження і втрата несної здатності. Застій води в деформаціях дорожнього одягу.

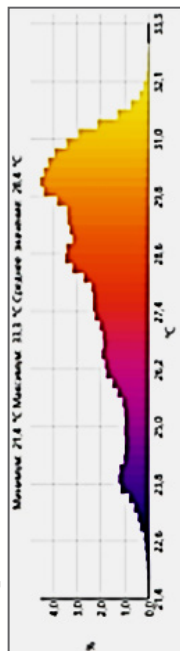
Спосіб запобігання. Наявність глинистих пилуватих ґрунтів в земляному полотні сприяють виникненню просадок. При влаштуванні дорожньої конструкції їх слід по можливості замінювати на стабільні матеріали, зміцнення глинистого ґрунту в основі земляного полотна. Важкий рух транспорту є важливим фактором і спричиняє прогресивний розвиток пошкодження. Ризик руйнування зростає протягом дощового сезону та весняно-осінній періоди перезволоження. В несприятливі періоди необхідне сезонне обмеження руху великовантажних транспортних засобів.

Вид ремонту. Заміна шару або конструкції при значних руйнуваннях.

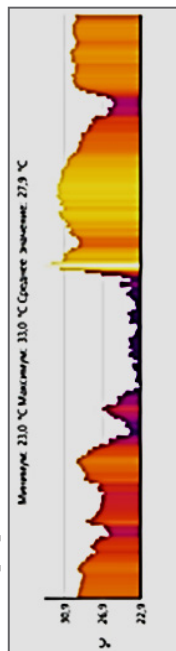
10. Просідання та проломи. Рівень руйнування — 3



Гістограма



Лінія профілю



Проломи— недостатня стійкість основи і ґрунту земляного полотна. Якщо деформація — локалізована у вигляді незначного просідання в поверхні дорожнього одягу, це результат недостатньої несної здатності основи. Відсутність ремонтів. Проникання води через тріщини і шви верхніх шарів в основу і ґрунт, перезволоження і втрата несної здатності. Застій води в деформаціях дорожнього одягу.

Спосіб запобігання. Наявність глинистих пилуватих ґрунтів в земляному полотні сприяють виникненню просадок. При влаштуванні дорожньої конструкції їх слід по можливості замінювати на стабільні матеріали, зміцнення глинистого ґрунту в основі земляного полотна. Важкий рух транспорту є важливим фактором і спричиняє прогресивний розвиток пошкодження. Ризик руйнування зростає протягом дощового сезону та весняно-осінній періоди перезволоження. В несприятливі періоди необхідне сезонне обмеження руху великовантажних транспортних засобів.

Вид ремонту. Заміна шару або конструкції при значних руйнуваннях.

11. Руйнування країв покриття. Рівень руйнування — 1

Короткий опис

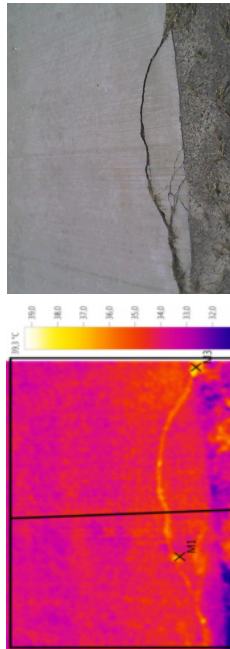
Окремі тріщини і сітки тріщин уздовж кромок проїзної частини, відколювання, відламування, викривлення поперечного профілю в зоні прикромочних смуг. Локальні руйнування країв протяжністю до 1,5 м.

Причина виникнення: Наскрізи, поперечні і подовжні тріщини, звичайно сильно звивисті (до 30–40 см і більше) в місцях влаштування труб, водовідводів — прями. Звивистість тріщини визначається зоною просідання основи. У розташуванні тріщин немає закономірності, але найчастіше вони зустрічаються біля штучних споруд. Відсутність укріплених узбіч. Застій води за рахунок підняття узбіч над рівнем проїзної частини.

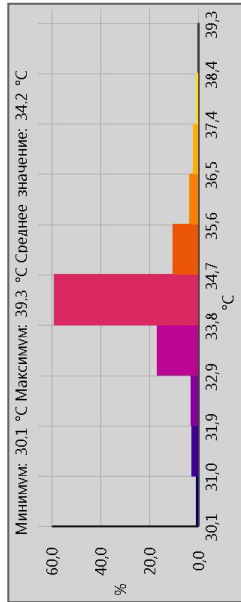
Недостатнє ущільнення основи, наявність слабкого ґрунту або вимивання ґрунту під цементобетонною плитою. Погане водовідведення з-під покриття в результаті чого ґрунт основи поступово втрачає несну здатність. Застосування для відсіпання земляного полотна ґрунтів з неоднаковими фізико—механічними характеристиками.

Спосіб запобігання: Заміна слабого ґрунту. Дотримання норм ущільнення, забезпечення своєчасного водовідведення (прочищення кюветів, зміцнення узбіч і ін.). Ретельний контроль за однорідністю ґрунтів при влаштуванні земляного полотна.

Вид ремонту. Локальний ремонт із заміною зруйнованої частини краю покриття. Укріплення узбіч. Своєчасне водовідведення, для недопущення застою води.



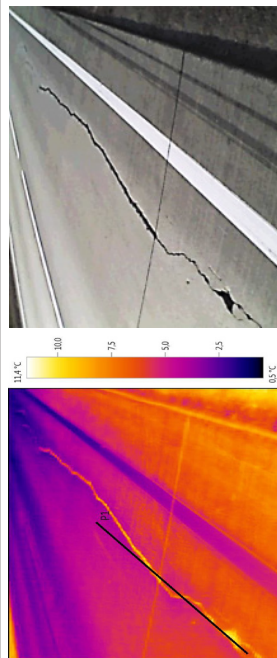
Гістограма



Лінія профілю

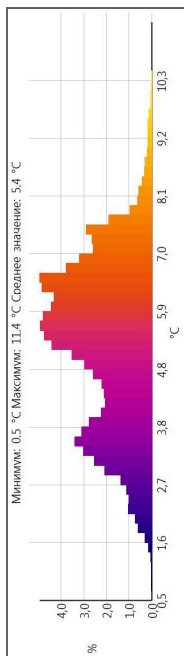


11. Руїнування країв покриття. Рівень руїнування — 2

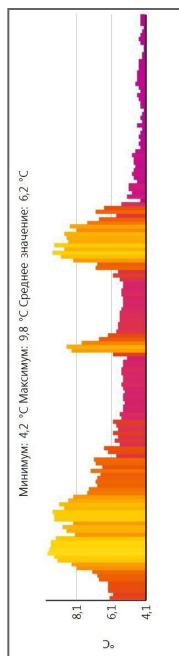


Причина виникнення: Наскрізі, поперечні і подовжні тріщини, звичайно сильно звивисті (до 30–40 см і більше) в місцях влаштування труб, водовідводів — прями. Звивистість тріщини визначається зоною просідання основи. У розташовані тріщин немає закономірності, але найчастіше вони зустрічаються біля штучних споруд. Характерний неоднаковий рівень сусідніх плит в шві і сусідніх частин плит в тріщині. Перевищення може досягати 0,5–3 см після 3–13 років експлуатації покриття. Недостатнє ущільнення основи, наявність слабкого ґрунту або вимивання ґрунту під цементобетонною плитою. Погане водовідведення з-під покриття в результаті чого ґрунт основи поступово втрачає несну здатність. Застосування для відсіпання земляного полотна ґрунтів з неоднаковими фізико-механічними характеристиками.

Гістограма



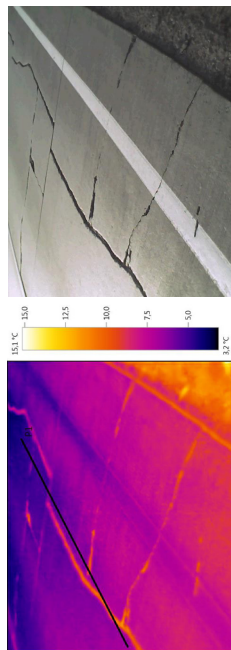
Лінійний профіль



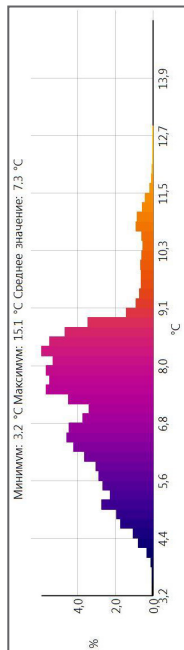
Спосіб запобігання: Заміна слабого ґрунту. Дотримання норм ущільнення, забезпечення своєчасного водовідведення (прочищення кюветів, зміцнення узбіч і ін.). Ретельний контроль за однорідністю ґрунтів при влаштуванні земляного полотна.

Вид ремонту. Відновлення однорідності основи по ширині, повна перебудова по всій ширині шляхом дроблення і розбирання бетонного шару з наступним новим будівництвом покриття. Кардинальний захід можливий тільки після вичерпування ресурсу міцності конструкції.

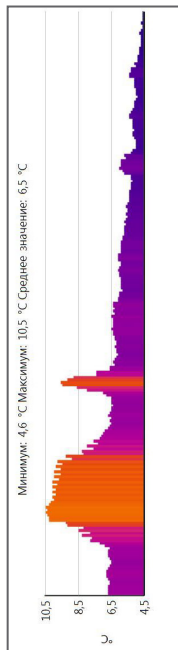
11. Руйнування країв покриття. Рівень руйнування — 3



Гістограма



Лінія профілю

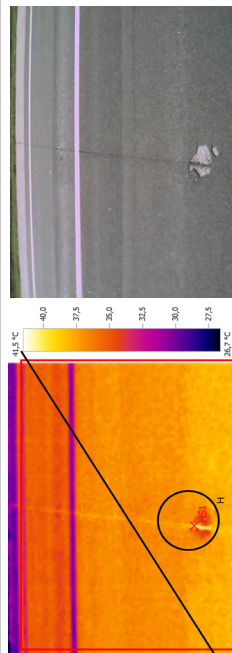


Причина виникнення: Наскрізі, поперечні і подовжні тріщини, звичайно сильно звивисті (до 30–40 см і більше) в місцях влаштування труб, водовідводів — прями. Звивистість тріщини визначається зоною просідання основи. У розташуванні тріщин немає закономірності, але найчастіше вони зустрічаються біля штучних споруд. Характерний неоднаковий рівень сусідніх плит в шві і сусідніх частин плит в тріщині. Перевищення може досягати 0,5–3 см після 3–13 років експлуатації покриття. Недостатнє ущільнення основи, наявність слабого ґрунту або вимивання ґрунту під цементобетонною плитою. Погане водовідведення з-під покриття в результаті чого ґрунт основи поступово втрачає несну здатність. Застосування для відсіпання земляного полотна ґрунтів з неоднаковими фізико-механічними характеристиками.

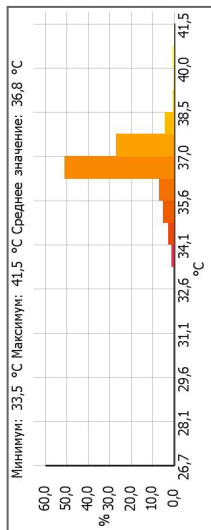
Спосіб запобігання: Заміна слабого ґрунту. Дотримання норм ущільнення, забезпечення своєчасного водовідведення (прочищення кюветів, зміцнення узбіч і ін.). Регульний контроль за однорідністю ґрунтів при влаштуванні земляного полотна.

Вид ремонту. Розбирання частини покриття у зоні тріщини і перебудовою основи для досягнення рівномірної основи під новою бетонною плитою в зоні поширення до параметрів відповідної категорії та будівництво нового покриття з асфальтобетону або цементобетону.

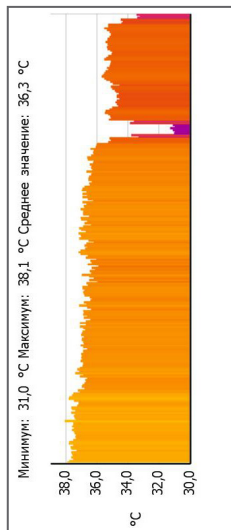
12. Руйнування захисного шару дорожнього покриття. Рівень руйнування — 1



Гістограма



Лінія профілю



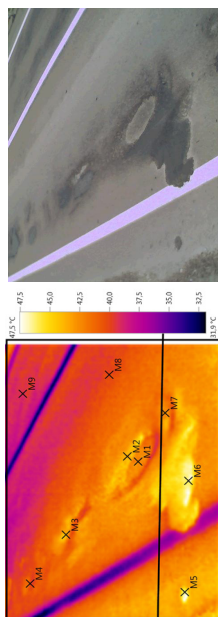
Короткий опис. Втрага матеріалу тонкошарового захисного шару.

Причина виникнення. Порушення технології приготування та укладання бетонних сумішей, низька якість догляду за тверднучим бетоном, використання протиюжеледних хімічних реагентів, раннє заморозування бетону покриття.

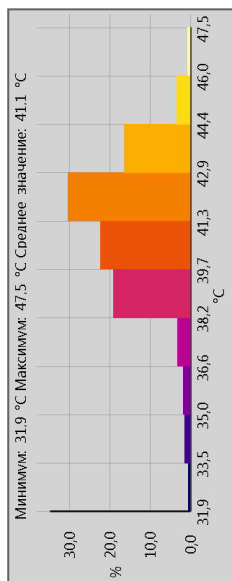
Спосіб запобігання. Дотримування технології застосування шарів зносу при їх укладанні, контроль за вагою автомобілів, ямковий ремонт за необхідністю. Поверхнєве холодне фрезерування картами на ширину до 0,8 м на глибину 0,01–0,04 м, але не більше товщини верхнього шару. Глибоке холодне фрезерування на ширину смуги руху на глибину 0,04–0,10 м, але не більше двох верхніх шарів. Холодне фрезерування покриття на всю ширину проїзної частини на глибину трьох і більше асфальтобетонних шарів дорожнього одягу. Влаштування вирівнюючого шару з літої емульсійно-мінеральної суміші — 0,015 м та покриття з літої емульсійно-мінеральної суміші — 0,010 м. Збільшення несної здатності конструкції дорожнього одягу за рахунок влаштування асфальтобетонних шарів.

Вид ремонту. Ремонт повітряно-струменевим методом.

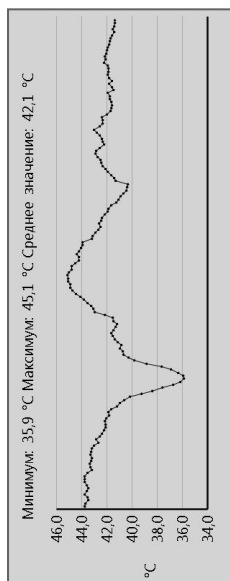
12. Руйнування захисного шару дорожнього покриття. Рівень руйнування — 2



Гістограма



Лінія профілю

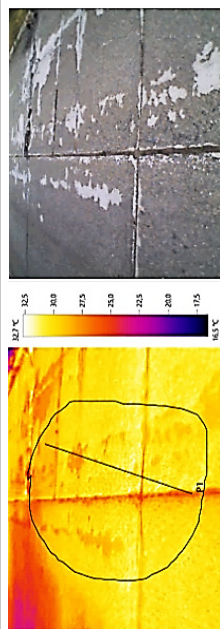


Короткий опис. Відшарування (вирізування) кромок шару зносу, поверхневої обробки чи покриття — це дефект покриття у вигляді відділення частини матеріалу вздовж кромок покриття від основної частини покриття.

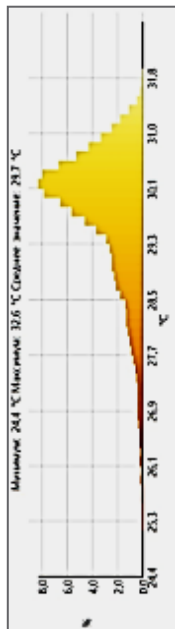
Причина виникнення. Порушення технології приготування та укладання бетонних сумішей, низька якість догляду за твердим бетоном, використання протизаморожувальних хімічних реагентів, раннє заморозування бетону покриття. **Спосіб запобігання.** Дотримання технології застосування шарів зносу при їх укладанні, контроль за вагою автомобілів, ямковий ремонт за необхідністю. Поверхнєве холодне фрезерування картами на ширину до 0,8 м на глибину 0,01–0,04 м, але не більше товщини верхнього шару. Глибоке холодне фрезерування на ширину смуги руху на глибину 0,04–0,10 м, але не більше двох верхніх шарів. Холодне фрезерування покриття на всю ширину проїзної частини на глибину трьох і більше асфальтобетонних шарів дорожнього одягу. Влаштування вирівнюючого шару з літої емульсійно-мінеральної суміші — 0,015 м та покриття з літої емульсійно-мінеральної суміші — 0,010 м. Збільшення несної здатності конструкції дорожнього одягу за рахунок влаштування асфальтобетонних шарів.

Вид ремонту. Ремонт повітряно-струменевим методом. Структурний глибокий ремонт, який полягає у видаленні шарів до основи, влаштування вирівнюючого прошарку, армування ґраткою та влаштування нових шарів. Фрезерування картами зруйнованих ділянок на глибину руйнування. Заміна шару або конструкції при значних руйнуваннях.

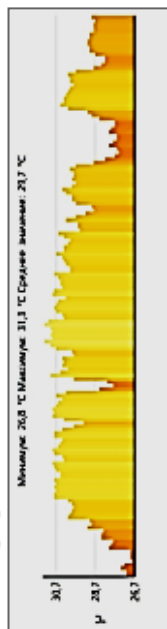
12. Руїнування захисного шару дорожнього покриття. Рівень руїнування — 3



Гістограма



Лінія профілю

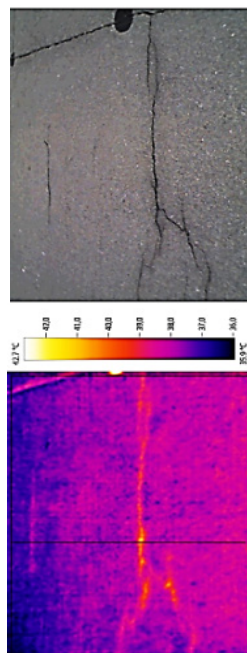


Короткий опис. Відшарування (вистрипування) кромок шару зносу, поверхневої обробки чи покриття — це дефект покриття у вигляді відділення частини матеріалу вздовж кромки покриття від основної частини покриття.

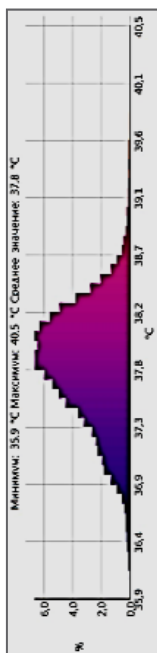
Причина виникнення. Порушення технології приготування та укладання бетонних сумішей, низька якість догляду за тверднучим бетоном, використання протизаморозних хімічних реагентів, раннє заморозування бетону покриття. **Спосіб запобігання.** Дотримування технології застосування шарів зносу при їх укладанні, контроль за вагою автомобілів, ямковий ремонт за необхідністю. Поверхнєве холодне фрезерування картми на ширину до 0,8 м на глибину 0,01–0,04 м, але не більше товщини верхнього шару. Глибоке холодне фрезерування на ширину смуги руху на глибину 0,04–0,10 м, але не більше двох верхніх шарів. Холодне фрезерування покриття на всю ширину проїзної частини на глибину трьох і більше асфальтобетонних шарів дорожнього одягу. Влаштування вирівнюючого шару з литої емульсійно-мінеральної суміші — 0,015 м та покриття з литої емульсійно-мінеральної суміші — 0,010 м. Збільшення несної здатності конструкції дорожнього одягу за рахунок влаштування асфальтобетонних шарів.

Вид ремонту. Ремонт повітряно — струменевим методом. Структурний глибокий ремонт, який полягає у видаленні шарів до основи, влаштування вирівнюючого прошарку, армування ґраткою та влаштування нових шарів. Фрезерування картми зруйнованих ділянок на глибину руїнування. Заміна шару або конструкції при значних руїнуваннях.

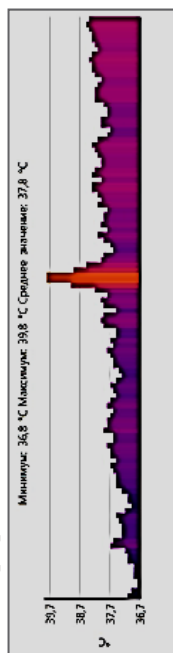
13. Відображені тріщини. Рівень руйнування — 1



Гістограма



Лінія профілю



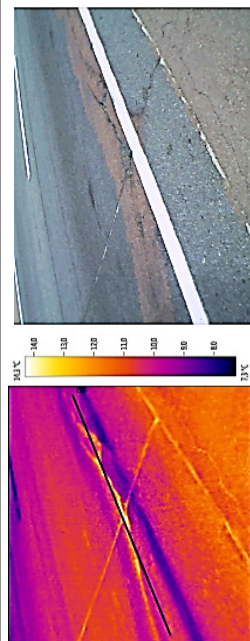
Відображені тріщини — Виникають на ділянках цементобетонного покриття, посиленого асфальтобетоном. Виникають на 1–4 рік експлуатації. Крок між тріщинами відповідає відстані між швами цементобетонних плит.

Причина виникнення. Виникають внаслідок температурних напружень, у зв'язку з великою відмінністю коефіцієнтів лінійного розширення асфальтобетону та цементобетону. Дії розтягуючих напружень та відшарування в зоні шва при положенні колеса транспортних засобів над швом. Дії перерізуючих сил в зоні шва.

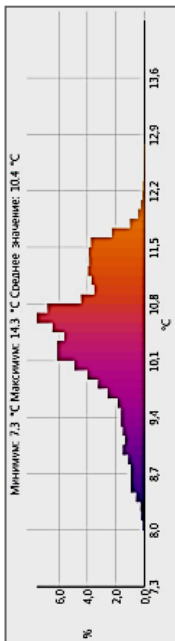
Спосіб запобігання. Підвищення товщини асфальтобетонного шару підсилення, використання геотрапек шириною не менше чаші прогину в зоні шва, влаштування тріщино-перериваючих шарків.

Вид ремонту. Заливка швів мастиками або заповнення готовими стрічками. Заливка тріщин шириною до 3 мм мало в'язким бітумом або бітумною емульсією із засипкою відсівом. Розділення тріщин спеціальними фрезами із заповненням теплостійким та деформативним матеріалом) згідно умов експлуатації. Тріщини шириною до 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою шіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям. Заповнюють тріщини полімерно-бітумними мастиками.

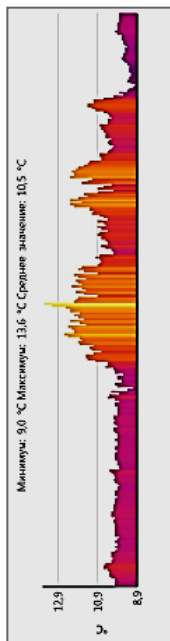
13. Відображені тріщини. Рівень руйнування — 2



Гістограма



Лінія профілю



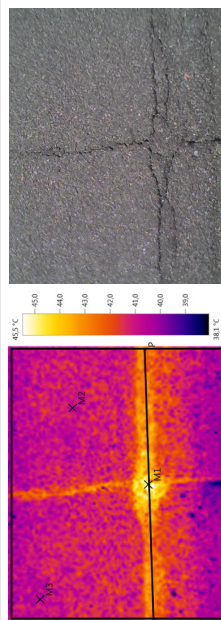
Відображені тріщини — Виникають на ділянках цементобетонного покриття, посиленого асфальбетоном. Виникають на 1–4 рік експлуатації. Крок між тріщинами відповідає відстані між швами цементобетонних плит.

Причина виникнення. Виникають внаслідок температурних напружень, у зв'язку з великою відмінністю коефіцієнтів лінійного розширення асфальтобетону та цементобетону. Дії розтягуючих напружень та відшарування в зоні шва при положенні колеса транспортних засобів над швом. Дії перерізуючих сил в зоні шва.

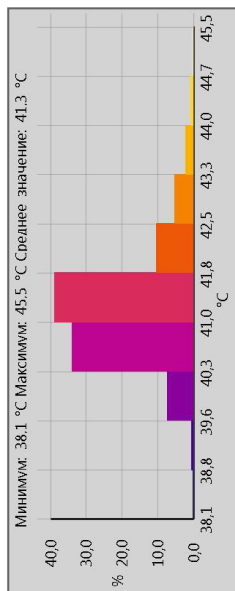
Спосіб запобігання. Підвищення товщини асфальтобетонного шару підсилення, використання геотекстилю.

Вид ремонту. Фрезерування в зоні шва. Локальний ремонт з використанням АСМ. Заливанням бітумною мастикою (резиново-бітумною мастикою) за допомогою машини плавильно-заливальної Strassmatt RWK 600/500. Тріщини більше 15 мм очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря, ґрунтують атм., продувають стисненим повітрям, ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ). Поверхня відремонтованих тріщин повинна бути прищипана гарячим піском або мінеральним порошком і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою.

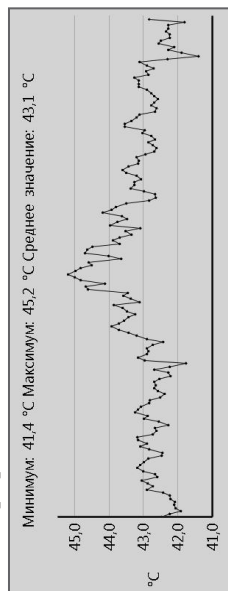
13. Відображені тріщини. Рівень руйнування — 3



Гістограма



Лінія профілю



Відображені тріщини — Виникають на ділянках цементобетонного покриття, посиленого асфальтобетоном. Виникають на 1–4 рік експлуатації. Крок між тріщинами відповідає відстані між швами цементобетонних плит.

Причина виникнення. Виникають внаслідок температурних напружень, у зв'язку з великою відмінністю коефіцієнтів лінійного розширення асфальтобетону та цементобетону. Дії розтягуючих напружень та відшарування в зоні шва при положенні колеса транспортних засобів над швом. Дії перерізуючих сил в зоні шва.

Спосіб запобігання. Підвищення товщини асфальтобетонного шару підсилення, використання геотекстилю шириною не менше часті прогину в зоні шва, влаштування тріщино-перериваючих прошарків.

Вид ремонту. При перетворенні тріщин 15–20 мм у шов застосовують алмазні диски, при ширині пазу шва 15–20 мм глибина пазу повинна складати 25–30 мм. обов'язкове застосування ущільнювального джута, товщина якого повинна перевищувати в 1,5 рази максимальне розкриття паза шву. Очищають від пилу і бруду за допомогою щіткових машин або струменя гарячого повітря під тиском 6 атм., продувають стисненим повітрям ґрунтують спеціальними полімерними праймерами, заповнюють полімерно-бітумними мастиками (ПБМ), припилення гарячим піском або мінеральним порошком і ретельно затерта гарячою дорожньою праскою.

14. Викиршування. Рівень руйнування — 1

Короткий опис

Місцеве розхитування структури бетону під впливом природних чинників і руху автотранспорту з подальшим відривом окремих складових. В результаті на покритті утворюються понижені місця (глибиною до 6–7 см), які різко погіршують умови руху.

Причина виникнення

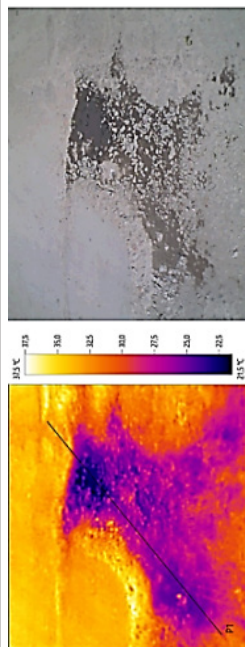
Використання для бетону брудного щебеню, застосування бетону з неоднаковою осадкою конуса і, як наслідок, недостатнє його ущільнення, використання залежаних цементів і неморозостійкого щебеню або гравію.

Спосіб запобігання

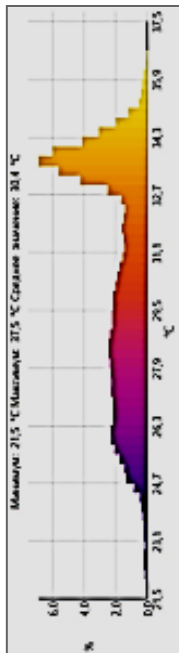
Застосування для влаштування покриття бетонів, що задовольняють вимогам норм і інструкцій по влаштуванню цементобетонних покриттів. Промивання щебеню перед приготуванням бетонної суміші.

Вид ремонту. Видалення ослабленого шару фрезеруванням з використанням пересувних малогабаритних фрез. Обробка поверхні бетону просочувальними складами, які створюють високоміцні нерозчинні сполуки, збільшують щільність поверхневого шару, значно зменшують водопоглинання бетону, підвищують його морозостійкість.

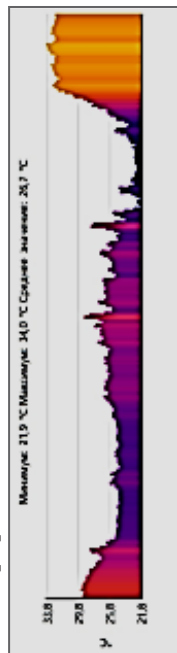
Вид ремонту. Ремонт повітряно — струменевим методом.



Гістограма



Лінія профілю



14. Викиршування. Рівень руйнування — 2

Короткий опис

Місцеве розкитування структури бетону під впливом природних чинників і руху автотранспорту з подальшим відривом окремих складових. В результаті на покритті утворюються понижені місця (глибиною до 6–7 см), які різко погіршують умови руху.

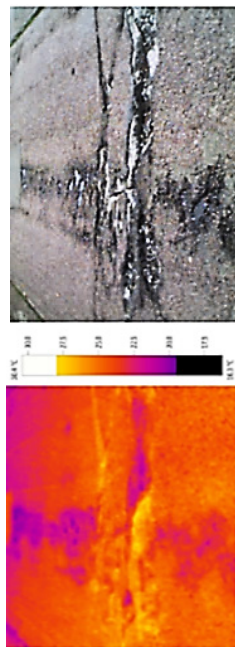
Причина виникнення

Використання для бетону брудного щебеню, застосування бетону з неоднаковою осадкою конуса і, як наслідок, недостатнє його ущільнення, використання залежаних цементів і неморозостійкого щебеню або гравію.

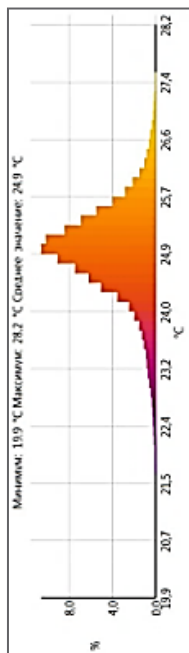
Спосіб запобігання.

Застосування для влаштування покриття бетонів, що задовольняють вимогам норм і інструкцій по влаштуванню цементобетонних покриттів. Промивання щебеню перед приготуванням бетонної суміші.

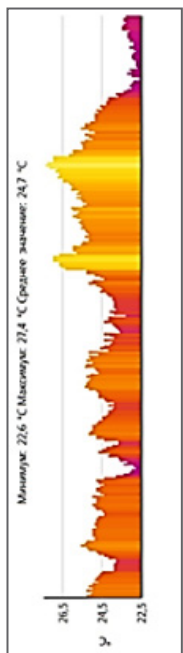
Вид ремонту. Видалення ослабленого шару фрезеруванням з використанням пересувних малогабаритних фрез. Обробка поверхні бетону просочувальними складами, які створюють високоміцні нерозчинні сполюки, збільшують щільність поверхневого шару, значно зменшують водопоглинання бетону, підвищують його морозостійкість.



Гістограма



Лінія профілю



14. Викиршування. Рівень руйнування — 3

Короткий опис

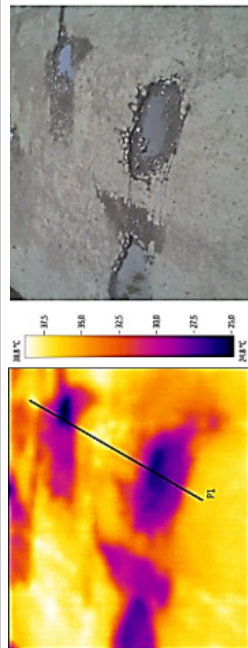
Місцеве розшитування структури бетону під впливом природних чинників і руху автотранспорту з подальшим відірвання окремих складових. В результаті на покритті утворюються понижені місця (глибиною до 6–7 см), які різко погіршують умови руху.

Причина виникнення

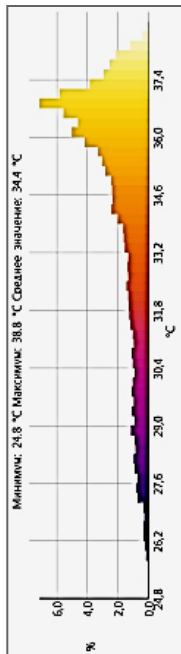
Використання для бетону брудного щебеню, застосування бетону з неоднаковою осадкою конуса і, як наслідок, недостатнє його ущільнення, використання залежаних цементів і неморозостійкого щебеню або гравію.

Спосіб запобігання. Застосування для влаштування покриття бетонів, що задовольняють вимогам норм і інструкцій по влаштуванню цементобетонних покриттів. Промивання щебеню перед приготуванням бетонної суміші.

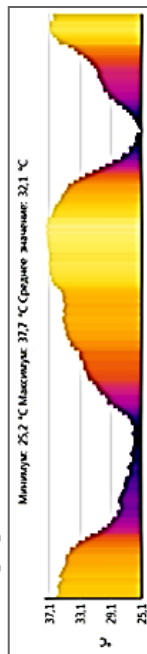
Вид ремонту. Видалення ослабленого шару фрезеруванням з використанням пересувних малогабаритних фрез. Обробка поверхні бетону просочувальними складами, які створюють високоміцні нерозчинні сполуки, збільшують щільність поверхневого шару, значно зменшують водопоглинання бетону, підвищують його морозостійкість.



Гістограма



Лінія профілю



ВИСНОВКИ

У цьому посібнику представлено результати системного аналізу сучасного стану науково-практичних досягнень у сфері отримання інформації про пошкодження дорожніх покриттів. На основі проведеного дослідження сформульовано наступні ключові висновки:

1. Протягом останніх років активно застосовувалися численні методології візуального аналізу та збору даних про дефекти автомобільних доріг. Більшість із цих підходів є предметом ґрунтовних емпіричних досліджень, при цьому сформульовані каталоги дефектів виступають як еталонна документація в цій предметній області. Сучасні розробки також пропонують широкий спектр засобів автоматизованого аналізу із залученням електронно-обчислювальної техніки (ЕОМ). У цій галузі відсутня критична потреба у принципово нових методологічних дослідженнях, за винятком верифікації та оцінки впливу використання різних аналітичних формул для розрахунку інтегральних показників стану покриттів.

2. На сьогодні автоматизовані діагностичні системи перебувають на етапі активної розробки, що реалізується на різних науково-технічних рівнях. В процесі розробки беруть участь дві основні групи дослідників: група дослідників-розробників (практична), яка зосереджена на створенні функціональних систем обстеження; група дослідників методів аналізу зображень (теоретична), яка займається переважно алгоритмами обробки зображень, незалежно від первинного збору та подальшої обробки даних. Обидві групи успішно й ефективно інтегрують рекомендації щодо узгоджених засобів кількісної оцінки ступеня пошкоджень, формату подання даних та методик розрахунку інтегральних показників. Для більшості науковців існує необхідність розширення дослідницької діяльності на проблематику тріщиноутворення та інших складних видів руйнувань.

3. Актуальною є концентрація зусиль на розробці уніфікованих методів кількісного визначення величини пошкоджень для конкретних типів дефектів, а також на стандартизації методів представлення діагностичних даних та розрахунку експлуатаційних показників. Сформовані рекомендації повинні мати однакову застосовність як до візуальних, так і до автоматизованих процедур обстеження дорожніх покриттів.

4. В даному дослідженні проведено комплексний аналіз вітчизняних та низки зарубіжних нормативних документів, що регламентують застосування сучасних методів оцінювання рівня руйнувань та деформацій дорожнього одягу.

5. На основі проведених досліджень розроблено варіанти класифікаторів руйнувань для жорстких і нежорстких дорожніх покриттів та дорожніх одягів. Сформульовано критерії оцінки ступеня ураження дорожнього покриття і одягу різними типами руйнувань.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3587:2019. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану. [Чинний від 2019-06-01]. Київ: УкрНДНЦ, 2019. (Національний стандарт України).

2. ВБН В.2.3-218-186-2004. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу. [Чинний від 2004-01-01]. Київ: Укравтодор, 2004. 64 с. (Відомчі будівельні норми).

3. ДСТУ 8954:2019. Автомобільні дороги. Оцінювання рівня дефектності дорожнього одягу. [Чинний від 2019-06-01]. Київ: УкрНДНЦ, 2019. V, 15 с. (Національний стандарт України).

4. СОУ 45.2-00018112-042:2009. Автомобільні дороги. Визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх одягів. [Чинний від 2009-01-01]. Київ: ДерждорНДІ, 2009. 68 с. (Стандарт організації України).

5. СОУ 45.2-00018112-080:2011. Автомобільні дороги. Оцінка та реєстрація стану дорожніх покриттів та технічних засобів автомобільних доріг автоматизованими системами відеодіагностики. [Чинний від 2011-01-01]. Київ: ДерждорНДІ, 2011. 43 с. (Стандарт організації України).

6. Гамеляк І. П., Райковський В. Ф. Встановлення параметрів режиму руху транспортних засобів для проектування дорожнього одягу. *Вісник / Нац. ун-т «Львівська політехніка»*. 2009. № 662. С. 118–125.

7. Гамеляк І. П., Райковський В. Ф. Комплексне оцінювання стану дорожнього покриття. *Дороги і мости: зб. наук. пр.* Київ, 2024. Вип. 26. С. 58–65.

8. Каталог типових конструкцій дорожніх одягів автомобільних доріг загального користування та стоянок великовагових транспортних засобів. Київ: Укравтодор, 2011. 133 с.

9. Альбом конструкцій дорожніх одягів з використанням цементовмісних матеріалів. Київ: Укрдортехнологія, 1997. 88 с.

10. Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych. Warszawa: Instytut Badawczy Dróg i Mostów, 2001. 91 p.

11. Katalog wzmocnen i remontów nawierzchni podatnych i półsztywnych. Warszawa: Instytut Badawczy Dróg i Mostów, 2001. 224 p.

12. Надійність конструкцій дорожнього одягу: навч. посіб. / М. Ф. Дмитриченко, М. М. Дмитрієв, І. П. Гамеляк, В. Ф. Райковський, Я. М. Якименко. — Київ: НТУ, 2012. — 206 с.

13. Гамеляк І. П., Харченко А. М., Дмитриченко А. М. Аналіз методів визначення ступеню пошкодження цементобетонних покриттів автомобільних доріг та аеродромів. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 2024. Вип. 116. Ч. 1. С. 71–80. DOI: 10.33744/0365-8171-2024-116.1-071-080. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/116.1/71.pdf

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Гамеляк І. П., Харченко А. М., Дмитриченко А. М.

**ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА СТАНУ
ПОКРИТТЯ З МЕТОЮ ВСТАНОВЛЕННЯ
ВПЛИВУ ДЕФЕКТІВ ТА РУЙНУВАНЬ
НА ЗМІНУ НЕСНОЇ ЗДАТНОСТІ
КОНСТРУКЦІЙ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

Науково-практичний посібник

Комп'ютерна верстка — *Євгеній Ткаченко*

ТОВ «Видавничий дім «Інтернаука»
Україна, м. Київ, Мечникова, 4/1, оф. 19А
Контактний телефон: +38 (044)222-5889
E-mail: editor@inter-nauka.com
www.inter-nauka.com

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців
№ 6275 від 02.07.2018 р.