

УДК 665.775:625.85
UDC 665.775:625.85

DOI:10.33744/0365-8171-2025-118.2-037-046

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ У
РАЗІ НЕМОЖЛИВОСТІ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ

MODERN APPROACHES TO ENSURING PAVEMENT DURABILITY IN THE ABSENCE OF
MAJOR REPAIRS



*Довбань Микола Валерійович, аспірант кафедри «Мости, тунелі і гідротехнічні споруди» Національний транспортний університет
вул. М. Омелянвича-Павленка, 1, м. Київ, Україна, 01010
e-mail: dovban.lru@gmail.com*

<https://orcid.org/0009-0005-8724-1994>

Анотація. Виконано аналіз сучасних підходів до підвищення довговічності автомобільних доріг в умовах відсутності можливості виконання капітального ремонту. Розглянуто традиційні та альтернативні методи ямкового і поточного ремонту, зокрема тонкошарові покриття, полімерні добавки, а також наведено приклади міжнародного досвіду з продовження терміну служби дорожніх покриттів. Як практичний кейс представлено експлуатаційне утримання траси М-13 із застосуванням полімерної добавки прямого (сухого) введення до асфальтобетону; описано технологію виконання локального ремонту, наведено отримані результати щодо покращення стану покриття та економічного ефекту. Зроблено висновки про ефективність, технологічні переваги та перспективи масштабування таких підходів для забезпечення довговічності доріг без капітального ремонту.

Ключові слова: довговічність, дорожнє покриття, ямковий ремонт, тонкошарове покриття, полімерна добавка, превентивне обслуговування.

Вступ. Стан дорожнього покриття безпосередньо впливає на безпеку руху, швидкість транспортного потоку, витрати палива та рівень шкідливих викидів у атмосферу. Нерівності, тріщини та вибоїни на дорозі викликають підвищені шум і вібрації, призводять до зайвої втоми водіїв, прискореного зносу транспортних засобів. З часом, в результаті перевантаження покриття, старіння матеріалів та дії кліматичних факторів, на будь-якому дорожньому одязі виникають різноманітні дефекти і руйнування (нерівності, тріщини, відколювання, ями тощо).

Найбільш ефективним підходом до уповільнення деградації покриття є вчасне здійснення превентивного ремонту, зокрема захисна герметизація поверхні шляхом влаштування тонких шарів. Такий захисний шар з мінімальними витратами відновлює експлуатаційні властивості дорожнього полотна та перешкоджає проникненню вологи, покращуючи зчеплення колеса з дорогою і запобігаючи виникненню пластичних деформацій від інтенсивного руху. Асфальтобетонні і цементобетонні покриття потребують періодичного ремонту із влаштуванням нового верхнього шару зносу; без такого шару бетонне покриття швидко руйнується під дією води, що просочується у поверхню, замерзає і спричиняє відколювання бетону. На багатьох дорогах із старим зношеним покриттям можливе продовження строку служби шляхом його оновлення тонким ремонтним шаром, який закріплює верхню частину покриття, що інтенсивно руйнується, і дозволяє знову відкрити рух транспорту. Проведення такого відновлення бажано виконувати вже через декілька років після початку експлуатації покриття, не чекаючи повної втрати несучої здатності та капітального ремонту – це

здатне істотно збільшити довговічність асфальту та цементобетонну, а в окремих випадках навіть уникнути потреби в капітальному ремонті.

На практиці стратегія утримання доріг, що ґрунтується лише на капітальних ремонтах з інтервалом у 15–20 років, є неефективною з економічної точки зору. За оцінками, сумарна вартість утримання протягом 40 років у разі застосування тільки капремонтів може становити близько \$640 тис., тоді як використання стратегії превентивних періодичних ремонтів – близько \$364 тис., тобто в 1,64 менше. Таким чином, актуальним є пошук підходів до продовження терміну служби дорожніх покриттів за обмежених фінансових ресурсів, що дозволить забезпечити належний стан доріг без надзвичайно дорогих реконструкцій.

Постановка проблеми. Незважаючи на очевидні переваги превентивного ремонту, на сьогодні в Україні відсутня ефективна, науково обґрунтована технологія попереджувального ремонту дорожніх покриттів. Ті методи поверхневої обробки, що застосовувалися до 2004 року, не витримують навантажень від сучасного транспорту і швидко втрачають ефективність. Тонкошарові емульсійно-мінеральні покриття (мікросюрфейсінг), відомі у світі, не набули широкого застосування в Україні через високу вартість та технологічні труднощі при виконанні. В дорожніх науково-дослідних установах практично не розробляються нові матеріали для ремонтів ні для асфальтобетонних, ні для цементобетонних покриттів. У результаті ресурси на ремонт доріг використовуються неефективно, покриття передчасно доходять до аварійного стану. Обмежене фінансування та надзвичайні обставини (наприклад, військові дії) ще більше ускладнюють виконання планових капітальних ремонтів. Як наслідок, постає проблема забезпечення проїзного стану і довговічності доріг за відсутності можливості капітального відновлення конструкції.

Метою дослідження є обґрунтування та перевірка сучасних технічних рішень, що дозволяють продовжити термін служби дорожніх покриттів в умовах відкладення або відсутності капітального ремонту. Для досягнення цієї мети вирішуються завдання аналізу сучасних методів та матеріалів для поточного ремонту, дослідження міжнародного досвіду превентивного дорожнього утримання, а також апробація перспективної технології підвищення довговічності покриття на конкретному об'єкті (автодорозі М-13) із використанням полімерної добавки прямого введення до асфальтобетону.

Огляд сучасних методів та матеріалів ремонту. Поточний ремонт автомобільних доріг включає комплекс робіт з усунення локальних пошкоджень покриття, герметизації та відновлення поверхневих шарів. Найпоширенішими видами робіт є: ліквідація ямковості (ямковий ремонт), герметизація тріщин, поверхнева обробка або улаштування тонких верхніх шарів покриття. Для виконання ямкового ремонту нині застосовуються різні матеріали і технології. До традиційних належать гаряча асфальтобетонна суміш і литий асфальтобетон, що укладаються при температурі навколишнього середовища не нижче +5...+10 °С. Гарячий асфальтобетон є найбільш доступним і забезпечує довговічне відновлення, однак потребує роботи асфальтного заводу поблизу та дотримання технології ущільнення.

Холодна асфальтобетонна суміш є сучасною альтернативою для аварійного ремонту в холодну пору. Вона виготовляється за спеціальною технологією з використанням модифікованих добавок або бітумів: вміст бітуму складає ~4,2–4,5% від маси щебеню, а сумарна частка хімічних добавок – 15–25% від маси бітуму. Такий склад надає асфальту необхідну рухомість при низьких температурах та адгезію. Холодні органо-мінеральні суміші можуть зберігатися тривалий час (у тарі або навалом) і укладатися навіть при морозах до –10 °С (за умови сухої погоди).

Перевагою холодних сумішей є можливість цілорічного ремонту покриття, що актуально, оскільки покриття в осінньо-зимовий період руйнується інтенсивніше, а звичайні АБЗ в цей час не працюють. Недоліком є вища вартість такої суміші та дещо менша міцність ремонту порівняно з гарячим асфальтом.

Серед технологій ямкового ремонту набувають поширення також інфрачервоний ремонт та струминно-ін'єкційний метод. Інфрачервоний метод передбачає розігрів пошкодженої ділянки покриття спеціальною ІЧ-панеллю, розпушення існуючого асфальту, додавання нової суміші та повторне ущільнення. Це дозволяє “переплавити” дефект без вирізання карти, утворивши монолітну

безшовну латку; метод забезпечує добру якість, але потребує спеціального обладнання та є доцільним для відносно неглибоких дефектів.

Струминно-ін'єкційна технологія (так званий spray-injection ремонт) виконується автоматизованою установкою, яка під тиском подає у підготовлену вибоїну суміш бітумної емульсії та щебеневого відсіву. Матеріал змішується і ущільнюється повітряним струменем без застосування котка. Перевагами струминно-ін'єкційного методу є висока продуктивність, можливість працювати без повного перекриття дороги та за різних погодних умов, мінімальна участь ручної праці. За якістю та довговічністю такий ремонт дещо поступається традиційному гарячому асфальтобетону, проте дозволяє оперативно відновити проїзд із прийнятними витратами (особливо ефективний для дрібних вибоїв ранньою весною).

Окрім ямкового ремонту окремих місць, важливо забезпечити захист та відновлення цілісності верхнього шару покриття по всій поверхні дороги або на значних ділянках. Для цього застосовуються технології поверхневої обробки та тонкошарових покриттів (килимків зносу).

Поверхнева обробка – це улаштування захисного шару із бітумної емульсії та дрібного щебеню (одно- або двошарового) на існуюче покриття. Цей метод є відносно недорогим і швидким, не потребує складної техніки. Основна його функція – герметизація дрібних тріщин, недопущення потрапляння води в основу та відновлення шорсткості (когезії) поверхні за рахунок фрикційних властивостей нового щебеню.

У світовій практиці поверхневі обробки (chip seals) дуже поширені: щорічно в США виконується понад 800 млн м² таких покриттів як спосіб економічного продовження строку служби доріг.

Згідно з досвідом, для покращення довговічності поверхневих обробок важливе значення має якість матеріалів – зокрема, попереднє покриття щебеню бітумом (прекодування) значно підвищує його зчеплення з в'язким і запобігає відшаруванню. Проте для доріг з інтенсивним рухом традиційні поверхневі обробки можуть виявитися недостатньо стійкими: в Україні було відзначено, що виконані раніше (до 2004 р.) поверхневі обробки швидко втрачали свої експлуатаційні якості під дією сучасного великогазового транспорту.

Технологія тонкошарового покриття передбачає укладання по існуючому дорожньому одягу нового шару асфальтобетонної суміші малої товщини – як правило, 2–4 см (ультратонкий шар). Для цього використовуються дрібнозернисті щільні асфальтобетонні суміші, часто модифіковані (полімер-модифікований бітум, щебенево-мастиковий асфальтобетон тощо). В окремих випадках застосовується технологія ультратонкого пов'язаного покриття (Ultra-Thin Bonded Wearing Course), коли перед укладанням асфальтобетонної суміші товщиною ~20 мм на холодне старе покриття тонким шаром наноситься високоадгезійна емульсія; суміш укладається спеціальним комплексом (так звана синхронна поверхнева обробка).

Тонкошарові покриття дозволяють швидко відновити рівність і шорсткість дороги та запобігти подальшому зносу основного покриття. За даними зарубіжних досліджень, застосування ультратонких асфальтобетонних покриттів може знизити витрати на ремонт на ~30–40% у порівнянні зі звичайним ремонтом, а використання високоякісного щебеню підвищує коефіцієнт зчеплення (протитріння) покриття до 20%.

Багато дорожніх адміністрацій (наприклад, у США, Німеччині) для тонких профілактичних шарів вимагають використання полімер-модифікованого бітуму або спеціальних добавок, щоб забезпечити необхідну міцність і тріщиностійкість тонкого шару.

В Україні тонкошарові емульсійно-мінеральні суміші (аналоги мікросюрфейсінгу) поки що не набули масового застосування через їх високу вартість та складність технології. Однак з точки зору перспектив забезпечення довговічності, саме такі покриття є важливим елементом стратегії превентивного обслуговування доріг, дозволяючи продовжувати службу покриття без капітального ремонту.

Наведені методи можуть застосовуватися як окремо, так і в поєднанні – залежно від стану дороги. Наприклад, тріщини бажано попередньо заповнити бітумною мастикою, значні ями – ліквідувати

ямковим ремонтом, після чого на всю поверхню ділянки може наноситися захисна тонкошарова обробка. Такий комплексний підхід забезпечує як лікування наявних дефектів, так і попередження нових, створюючи водонепроникний шар та відновлюючи текстуру покриття для покращення зчеплення шин. У цілому, світовий досвід свідчить, що своєчасне виконання дрібних та середніх за обсягом ремонтів дозволяє підтримувати прийнятний стан доріг при обмеженому бюджеті та значно відстрочити необхідність капітального ремонту.

Основна частина: практичний кейс (траса М-13).

Характеристика об'єкта. В якості практичного прикладу сучасного підходу розглянуто експлуатаційне утримання автомобільної дороги М-13 Кропивницький – Платонове (на м. Кишинів). Це дорожній маршрут державного значення, що був побудований ще у 1960-х роках і включає цементобетонне покриття.

За більш ніж 50 років без ґрунтового ремонту бетонне покриття зазнало суттєвих руйнувань: багато плит розтріснулися і деформувалися, місцями утворилися провали, що перетворювало рух по дорозі на серйозну проблему. На окремих ділянках інтенсивність руху є доволі високою (маршрут з'єднує центральні області України з Молдовою), тому навантаження на дорожній одяг великі. Планом розвитку доріг передбачалося виконати капітальний ремонт траси М-13 по всій протяжності ще у 2021 році, проте через економічні труднощі та повномасштабне вторгнення 2022 року ці роботи були відкладені на невизначений термін. Водночас підтримувати дорогу в проїзному стані життєво необхідно, особливо враховуючи її значення для регіону.



Рисунок 1 – М-13 Стан покриття
Figure 1 – M-13 Pavement Condition

Застосоване рішення. У 2023 році Службою автомобільних доріг було ініційовано проведення аварійно-відновлювальних робіт на М-13 в рамках експлуатаційного утримання. Передусім були ліквідовані найбільш небезпечні руйнування: заповнено проломи й западини від зруйнованих бетонних плит, вирівняно місця просадок на підходах до штучних споруд (мостів). Після цього, як тимчасовий захід до проведення повного капремонту в майбутньому, було вирішено укласти на частині дороги тонкошаровий асфальтобетонний шар, модифікований спеціальною полімерною добавкою.

Метою було покращити цілісність і міцність верхнього шару покриття, герметизувати тріщини між плитами та вирівняти поверхню для безпечного руху. Враховуючи відсутність поблизу стаціонарного асфальтного заводу, для приготування асфальтобетонної суміші використали мобільну установку, куди безпосередньо в змішувач додавалась гранульована **полімерна добавка прямого (сухого) введення** у заданій дозі за допомогою дозатора целюлози. Ця технологія дозволяє отримати полімер-модифікований асфальтобетон без використання окремо приготовленого бітуму з полімером (тобто без стадії заводської модифікації бітуму в колоїдному млині).



Рисунок 2 – Дозатор целюлози і мобільний АБЗ
Figure 2 – Cellulose feeder and mobile asphalt mixing plant

Полімерна добавка являє собою термопластичний матеріал на основі поліолефінів, який рівномірно розподіляється у суміші при стандартній температурі приготування ($\approx 170\text{--}175\text{ }^{\circ}\text{C}$) і суттєво підвищує її фізико-механічні показники. За рахунок «сухого» способу введення було досягнуто спрощення технології – модифікування суміші здійснювали безпосередньо на місці, у ході виконання робіт, без залучення спеціалізованих заводських потужностей.

Для пристрою тонкошарового покриття обрали щільну дрібнозернисту асфальтобетонну суміш типу Б (за ДСТУ Б В.2.7-119:2011) з максимальним розміром зерна 10 мм. Розрахункова товщина нового шару становила ~ 30 мм. Перед укладанням поверхню існуючого бетонного покриття очистили від бруду та пилу, виконали локальну розливку бітумної емульсії (праймування) для забезпечення зчеплення нового шару з основою.

Гарячу асфальтобетонну суміш з полімерною добавкою доставляли невеликими партіями безпосередньо до місця укладання і вкладали машинним способом (асфальтоукладачем) там, де це було можливо, а на дрібних локальних картах – вручну. Ущільнення виконували вібраційним котком вагою 6 т. Роботи проводили поетапно на окремих найбільш зруйнованих відрізках дороги загальною протяжністю близько 3 км. Важливо відмітити, що метод прямого введення майже єдина технологія що дозволяє випускати невеликі партії модифікованої суміші з стабільними характеристиками і без додаткових затрат на модифікований бітум, а також усуває ризи тривалого зберігання модифікованого бітуму.

Отримані результати. Одразу після ремонту вдалося досягти суттєвого покращення рівності дорожнього покриття – усунуто різкі перепади на стиках плит, згладжено хвилі та напливи, які утворилися на бетоні. За суб'єктивною оцінкою, їзда по відновленій ділянці стала значно комфортнішою та безпечнішою.

Шорсткість нового покриття (коефіцієнт зчеплення) теж підвищилася завдяки фрикційним властивостям щебеню в тонкому шарі, що позитивно впливає на гальмівний шлях автомобілів, особливо в дощову погоду. Наявність полімерної добавки сприяла підвищенню стійкості покриття до колієутворення та тріщин: лабораторними дослідженнями встановлено, що введення 1,5–4% термопластичного полімеру (від маси бітуму) під час приготування суміші збільшує опір асфальтобетону до пластичних деформацій (колії) у 2,5–3,8 рази. Навіть при менших дозах полімеру ($\sim 0,22\%$ від маси суміші) очікуване підвищення колійостійкості становить 1,8–3,2 рази.

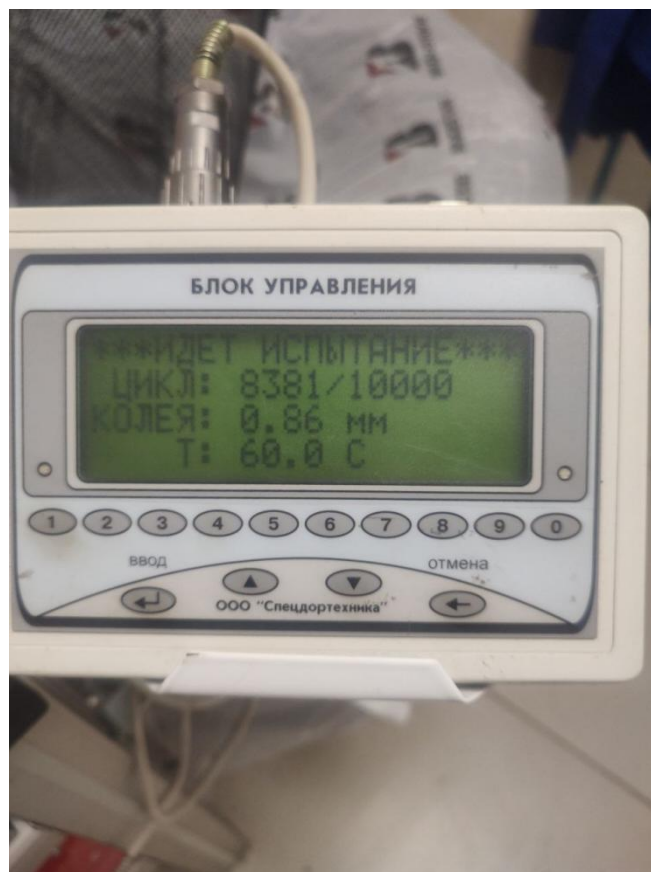


Рисунок 3 – Стійкість до колієутворення (колійність) за методом Гамбурзького колеса.
Figure 3 – Rutting resistance (rut depth) determined by the Hamburg Wheel Tracking Test.

В польових умовах це означає, що утворення нових колій і напливів на тонкому шарі значно сповільниться в порівнянні зі звичайним (немодифікованим) асфальтобетоном. Первинний огляд відремонтованих сегментів М-13 після літньо-осіннього експлуатаційного сезону показав відсутність помітних руйнувань: не спостерігалось ні сітки дрібних тріщин, ні вибоїн, навіть там, де під покриттям залишаються старі бетонні плити. Герметизуючий ефект шару запобіг потраплянню води у старе покриття, що особливо критично в осінньо-зимовий період.

Таким чином, виконаний добавок прямого введення забезпечує продовження строку служби проблемної ділянки дороги принаймні на найближчі роки. За оцінками фахівців, покриття залишатиметься в задовільному стані не менше 3–5 років за умови належного ямкового ремонту поодиноких ушкоджень, що можуть виникати. Це підтверджує загальний висновок, що навіть за обмежених бюджетів використання модифікованої суміші здатне подовжити строк служби дороги на кілька років, сповільнюючи зношування основного покриття.

Економічна ефективність. Застосований підхід має відносно невеликі додаткові витрати порівняно з капітальним ремонтом. Орієнтовне здорожчання модифікованого асфальтобетону за рахунок добавок прямого (сухого) введення становить близько 220–260 грн/т суміші, що є менше 4% від вартості ямкового/поточного ремонту в перерахунку на одиницю обсягу. Водночас термін експлуатації відремонтованої ділянки збільшується у 3–4 рази без додаткових втручань. Економія досягається завдяки простоті технології та відсутності додаткових операцій. У порівнянні з капітальним ремонтом, який зазвичай відкладається на 3–7 років, відносне здорожчання нинішнього рішення становить менше 0,5% від повної кошторисної вартості по життєвому циклу ділянки.

Окрім прямих витрат, варто враховувати й опосередковані вигоди: швидке виконання робіт

дозволяє уникнути тривалих обмежень руху на міжнародному маршруті, що мінімізує втрати від об'їздів. Отже, методика «малої крові» дала змогу зберегти працездатність дороги, витративши суттєво менше коштів, ніж потребує повний ремонт. Навіть якщо у наступні роки буде реалізовано запланований капітальний ремонт М-13, уже влаштований полімер-модифікований тонкий шар забезпечив відчутний вииграш у часі та ресурсах. У підсумку, світовий і локальний досвід підтверджує: стратегія планованих превентивних заходів дозволяє знизити сукупні витрати на утримання в розрахунку на життєвий цикл понад на 30%, що корелює з результатами в даному кейсі..

Висновки. Актуальність превентивних ремонтів. В умовах обмеженого фінансування або форс-мажорних обставин, що не дозволяють вчасно виконувати капітальний ремонт доріг, необхідно впроваджувати сучасні підходи до підтримання довговічності існуючих покриттів. Досвід утримання дороги М-13 показав, що навіть сильно зношене покриття можна стабілізувати на певний час за допомогою відносно простих та доступних технологій.

Ефективність полімерних добавок прямого (сухого) введення. Полімерні модифікатори, що вводяться безпосередньо у змішувач асфальтобетону, забезпечують відчутне зростання колієстійкості та тріщиностійкості суміші (орієнтовно в 2–4 рази за опором пластичним деформаціям), підвищують адгезію та водостійкість, зменшуючи ризик вторинних руйнувань. Технологія не потребує окремого виготовлення полімер-модифікованого бітуму, сумісна зі стандартним обладнанням АБЗ і придатна для віддалених об'єктів. Додаткові витрати на тонну суміші невеликі (порядку 220–260 грн/т), тоді як міжремонтний інтервал зростає у 3–4 рази за умови дотримання режимів дозування та перемішування. Важливо, що такі добавки не замінюють необхідності усунення конструктивних дефектів основи, але істотно підсилюють ресурс саме ремонтного шару та підвищують окупність поточного/ямкового ремонту.

Технологічні переваги та особливості полімерних добавок прямого (сухого) введення. Метод не потребує складної техніки чи спеціалізованого обладнання для модифікації бітуму: гранульований/порошковий модифікатор додається безпосередньо у змішувач під час приготування асфальтобетонної суміші. Рішення сумісне зі стандартними АБЗ (стаціонарними та мобільними), спрощує логістику й дозволяє оперативно випускати модифіковану суміш поблизу об'єкта ремонту, що критично для віддалених ділянок. До ключових вимог належать коректне дозування, забезпечення рівномірного розподілу добавки, дотримання температурних режимів і регламенту перемішування/ущільнення. У результаті підвищуються колієстійкість і тріщиностійкість, поліпшується адгезія та водостійкість, зменшується ризик вторинних руйнувань. Відсутність окремої стадії виготовлення полімер-модифікованого бітуму (ПМБ) скорочує час, знижує операційні ризики (перегрів, старіння в'язучого під час транспортування) і дає змогу гнучко адаптувати рецептуру під конкретні умови об'єкта. Такий підхід підвищує окупність поточного/ямкового ремонту за рахунок покращення експлуатаційних властивостей суміші при мінімальному зростанні собівартості.

Економічна та екологічна доцільність полімерних добавок прямого (сухого) введення. Використання гранульованих/порошкових модифікаторів із прямим введенням у змішувач під час приготування асфальтобетону забезпечує **суттєве зниження сукупних витрат на утримання** завдяки подовженню міжремонтного інтервалу та скороченню кількості повторних втручань. Додаткові витрати на матеріал зазвичай невеликі (орієнтовно 220–260 грн/т, що становить <4% від вартості робіт у перерахунку на обсяг), тоді як **експлуатаційний ресурс зростає у 3–4 рази**. Окрім прямих заощаджень, є **опосередковані вигоди**: менше перекриттів руху та простоїв транспорту, нижчі логістичні витрати (не потрібне окреме виробництво і доставка ПМБ), гнучкість у випуску суміші на віддалених об'єктах.

Екологічний ефект досягається через **меншу частоту ремонтів** (менше демонтажу покриття та відходів), **скорочення ланцюжка операцій** (відсутня стадія окремого приготування ПМБ і його транспортування), а також **зниження сумарного енергоспоживання** за життєвий цикл ділянки. У підсумку пряме введення полімерних добавок зменшує вуглецевий слід утримання дороги та підвищує ресурсну ефективність без зміни базової технології приготування та укладання асфальтобетону.

Перспективи масштабування. Технологія **прямого (сухого) введення полімерних добавок** в асфальтобетон може бути масштабована на мережу доріг України, особливо там, де капітальні роботи відкладені або тимчасово неможливі. Для системного впровадження доцільно:

1. розширити прикладні дослідження (دوزи, типи полімерів, сумісність із місцевими матеріалами, вплив на показники коліє- та тріщиностійкості, водостійкості);
2. адаптувати нормативну базу: передбачити в ДБН/ДСТУ чіткі вимоги до рецептур, протоколів контролю якості на АБЗ (однорідність змішування, температурні режими, методики випробувань) і приймальних критеріїв на об'єкті;
3. запровадити типові ТТК для різних сценаріїв поточного/ямкового ремонту з прямим введенням (стаціонарні та мобільні АБЗ, зимово-міжсезонні умови тощо);
4. організувати навчання персоналу АБЗ та підрядників (дозування, порядок внесення, контроль однорідності, час/температура змішування, вимоги до ущільнення);
5. застосовувати LCCA (оцінку життєвого циклу) при плануванні ремонтів, щоб фіксувати економічний ефект від подовження міжремонтних інтервалів;
6. розгорнути пілотні програми в кількох кліматичних зонах і на різних інтенсивностях руху з подальшим моніторингом і публічними звітами.

Такий підхід дозволить дорожнім службам масштабно і впевнено застосовувати пряме введення полімерних модифікаторів, підвищуючи довговічність ремонтів за мінімального зростання собівартості та без зміни базової технології виробництва і укладання асфальтобетону.

Загальний висновок. Сучасні підходи до підвищення довговічності дорожніх покриттів у разі неможливості капітального ремонту — насамперед використання полімерних добавок прямого (сухого) введення в асфальтобетон, а також якісний ямковий ремонт і герметизація тріщин — довели ефективність як практична альтернатива відтермінованому капремонті. За грамотного застосування ці рішення дозволяють зберегти несучу здатність і функціональність дороги, підвищити безпеку руху та оптимізувати витрати за рахунок подовження міжремонтних інтервалів. Результати впровадження на дорозі М-13 підтверджують, що періодична превентивна стратегія з прямим введенням полімерних модифікаторів може успішно реалізовуватися на практиці, забезпечуючи вигреш у часі до наступного масштабного ремонту та раціональне використання ресурсів. Накопичений досвід є підставою для розроблення типових рішень і галузевих програм із подовження строків служби доріг по всій Україні.

Перелік посилань

1. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. – К.: Мінрегіонбуд України, 2015.
2. ВБН В.2.3-218-178-2004 Споруди транспорту. Влаштування поверхневих обробок покриття автомобільних доріг на основі бітумних емульсій.
3. ВБН В.2.3-218-532:2007 Споруди транспорту. Влаштування тонкошарових покриттів на автомобільних дорогах державного значення.
4. Р В.3.2-218-03449261-728:2008 Рекомендації по застосуванню тонкошарових покриттів при поточному ремонті автомобільних доріг.
5. ДСТУ Б Д.2.4-18:2014 (Збірник 18). Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Благоустрій.
6. СОУ 45.2-00018112-036:2009. Бітуми та бітумополімери рідкі. Технічні умови.
7. ДСТУ-Н Б В.2.3-38:2016. Настанова з влаштування захисних шарів зносу покриття дорожнього одягу автомобільних доріг.
8. Howard, I.L., Jordan, W.S., Barham, J.M., Alvarado, A., Cox, B.C. (2013). Performance Oriented Guidance for Mississippi Chip Seals. Final Report FHWA/MS-DOT-RD-13-211. Mississippi DOT, Jackson, MS.
9. Kandhal, P.S., Motter, J.B. (1991). Criteria for Accepting Precoated Aggregates for Seal Coats and Surface Treatments. Transportation Research Record, 1300, 80–89.

10. Zhdaniuk, V., Volovyk, O., Kostin, D., Lisovin, S. (2021). An Investigation of the Effect of Thermoplastic Additives in Asphalt Concrete Mixtures on the Properties of Different Types of Asphalt Concrete. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/6(110), 61–70. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.227806.
11. Ergun, M., İyınam, S., İyınam, A. (2005). Prediction of Road Surface Friction Coefficient Using Only Macro and Microtexture Measurements. *Journal of Transportation Engineering*, 131(4), 311–319. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2005\)131:4\(311\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2005)131:4(311)).
12. Abualia, A., Elnaml, I., Mohammad, L., Cooper III, S.B., Cooper Jr, S.B. (2025). Assessing Mechanical Properties and Structural Contribution of Thin Asphalt Mixtures Containing Polymer and Epoxy Modified Asphalt Binders. [Препринт]. SSRN. DOI: 10.2139/ssrn.5191322.
13. Latifi, A., Hayati, P., Goli, A. (2025). Advancing Pavement Preservation: Comprehensive Analysis and Optimization of Microsurfacing Mixtures with Stabilizers, Bitumen Types, Emulsifiers, and Fiber Impacts. *Case Studies in Construction Materials*, 22, e04622.
14. Guo, M., Zhang, R., Du, X., Liu, P. (2024). A State-of-the-Art Review on the Functionality of Ultra-Thin Overlays towards a Future Low Carbon Road Maintenance. *Engineering*, 32, 82–98.
15. Jwaida, Z., Dulaimi, A., Mydin, M.A.O., Özkılıç, Y.O., Jaya, R.P., Ameen, A. (2023). The Use of Waste Polymers in Asphalt Mixtures: Bibliometric Analysis and Systematic Review. *Journal of Composites Science*, 7(10), 415.
16. Habbouche, J., Hajj, E.Y., Piratheepan, M., Sebaaly, P.E. (2020). Impact of High Polymer Modification on Reflective Cracking Performance Life of Asphalt Concrete Overlays. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 13(5), 510–523.
17. Rada, G.R., Bryce, J.M., Visintine, B.A., Hicks, R.G., Cheng, D. (2018). Quantifying the Effects of Preservation Treatments on Pavement Performance. NCHRP Research Report 858. Вашингтон, D.C.: Transportation Research Board.
18. Gilliland, A., Mohanraj, K., Taghavi Ghalesari, A. (2022). High Performance Thin Overlays: New Jersey Department of Transportation (Case Study). Звіт FHWA-HIF-22-053. Вашингтон, D.C.: Federal Highway Administration.

MODERN APPROACHES TO ENSURING PAVEMENT DURABILITY IN THE ABSENCE OF MAJOR REPAIRS

Dovban Mykola V., Postgraduate student, Department of Bridges and Tunnels National Transport University, Mykhaila Omelianovycha-Pavlenka str., 1, Kyiv, Ukraine, 01010,
e-mail: dovban.lru@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-8724-1994>

Summary. An analysis of modern approaches to improving the durability of highways in conditions where major repairs cannot be carried out has been performed. Traditional and alternative methods of patch and routine repairs are considered, including thin-layer overlays and polymer additives, along with examples of international experience in extending pavement service life. As a practical case, the paper presents the maintenance of the M-13 highway using a polymer additive introduced directly (dry method) into asphalt concrete. The repair technology, results of pavement condition improvement, and economic efficiency are described. Conclusions are drawn regarding the effectiveness, technological advantages, and scalability prospects of such approaches for ensuring pavement durability without major repairs.

Keywords: durability, pavement, patch repair, thin-layer overlay, polymer additive, preventive maintenance.

References

1. DBN V.2.3-4:2015 “Automobile Roads. Part I: Design. Part II: Construction.” – Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2015.

2. VBN V.2.3-218-178-2004 "Transport Structures. Construction of Surface Treatments on Road Pavements Using Bituminous Emulsions."
3. VBN V.2.3-218-532:2007 "Transport Structures. Construction of Thin-Layer Pavements on National Highways."
4. R V.3.2-218-03449261-728:2008 "Guidelines on the Use of Thin-Layer Pavements for Routine Maintenance of Highways."
5. DSTU B D.2.4-18:2014 (Collection 18). Resource Element Cost Norms for Repair and Construction Works. Land Improvement.
6. SOU 45.2-00018112-036:2009. Liquid Bitumens and Bitumen-Polymers – Specifications.
7. DSTU-N B V.2.3-38:2016. Guidelines on Construction of Protective Wearing Course Layers for Road Pavements.
8. Howard, I.L., Jordan, W.S., Barham, J.M., Alvarado, A., Cox, B.C. (2013). Performance Oriented Guidance for Mississippi Chip Seals. Final Report No. FHWA/MS-DOT-RD-13-211. Mississippi Department of Transportation, Jackson, MS.
9. Kandhal, P.S., Motter, J.B. (1991). Criteria for Accepting Precoated Aggregates for Seal Coats and Surface Treatments. Transportation Research Record, 1300, 80–89.
10. Zhdaniuk, V., Volovyk, O., Kostin, D., Lisovin, S. (2021). An Investigation of the Effect of Thermoplastic Additives in Asphalt Concrete Mixtures on the Properties of Different Types of Asphalt Concrete. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2/6(110), 61–70. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.227806>.
11. Ergun, M., İyınam, S., İyınam, A. (2005). Prediction of Road Surface Friction Coefficient Using Only Macro and Microtexture Measurements. Journal of Transportation Engineering, 131(4), 311–319. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2005\)131:4\(311\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2005)131:4(311)).
12. Abualia, A., Elnaml, I., Mohammad, L., Cooper III, S.B., Cooper Jr, S.B. (2025). Assessing Mechanical Properties and Structural Contribution of Thin Asphalt Mixtures Containing Polymer and Epoxy Modified Asphalt Binders. [Preprint]. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5191322>.
13. Latifi, A., Hayati, P., Goli, A. (2025). Advancing Pavement Preservation: Comprehensive Analysis and Optimization of Microsurfacing Mixtures with Stabilizers, Bitumen Types, Emulsifiers, and Fiber Impacts. Case Studies in Construction Materials, 22, Article e04622. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e04622>.
14. Guo, M., Zhang, R., Du, X., Liu, P. (2024). A State-of-the-Art Review on the Functionality of Ultra-Thin Overlays Towards a Future Low Carbon Road Maintenance. Engineering, 32, 82–98. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2023.03.011>.
15. Jwaida, Z., Dulaimi, A., Mydin, M.A.O., Özkılıç, Y.O., Jaya, R.P., Ameen, A. (2023). The Use of Waste Polymers in Asphalt Mixtures: Bibliometric Analysis and Systematic Review. Journal of Composites Science, 7(10), 415. <https://doi.org/10.3390/jcs7100415>.
16. Habbouche, J., Hajj, E.Y., Piratheepan, M., Sebaaly, P.E. (2020). Impact of High Polymer Modification on Reflective Cracking Performance Life of Asphalt Concrete Overlays. International Journal of Pavement Research and Technology, 13(5), 510–523.
17. Rada, G.R., Bryce, J.M., Visintine, B.A., Hicks, R.G., Cheng, D. (2018). Quantifying the Effects of Preservation Treatments on Pavement Performance. NCHRP Research Report 858. Washington, DC: Transportation Research Board. <https://doi.org/10.17226/25298>.
18. Gilliland, A., Mohanraj, K., Taghavi Ghalesari, A. (2022). High Performance Thin Overlays: New Jersey Department of Transportation (Case Study). Report FHWA-HIF-22-053. Washington, DC: Federal Highway Administration.

Дата надходження до редакції 10.07.2025 р