

УДК 625.70
UDC 625.7/0

DOI:10.33744/0365-8171-2025-118.1-035-047

ШЛЯХИ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНОГО ФІНАНСУВАННЯ

WAYS TO RESTORE AND PRESERVE ROADS IN CONDITIONS OF LIMITED FUNDING



Гамеляк Ігор Павлович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри системного проектування об'єктів транспортної інфраструктури та геодезії, Київ, Україна, e-mail: gip65n@gmail.com, тел. +380503524124,

<https://orcid.org/0000-0001-9246-7561>



Журавський Дем'ян Леонардович, начальник лабораторії, ДП ШРБУ №100, Київ, Україна

<https://orcid.org/0000-0003-2277-4333>

Анотація. Виконано аналіз існуючих методів відновлення та збереження автомобільних доріг в умовах обмеженого фінансування за рахунок розроблення матеріалів та технології для влаштування міцних, щільних та водонепроникних шарів зносу (в т.ч. поверхневих обробок) та з розробкою рекомендацій щодо влаштування ультратонких покриттів при ремонті цементобетонних автомобільних доріг.

Ключові слова: шар зносу, поверхнева обробка, холодний асфальтобетон, тонкошарове покриття, ультратонкошарове покриття

Вступ. Найбільш ефективним способом запобігання прогресуванню існуючих та появи нових дефектів покриття є попереджувальна герметизація покриття шляхом влаштування тонких захисних шарів. Влаштування захисного шару дозволяє з мінімальними витратами коштів, матеріалів та трудовитрат відновити експлуатаційні властивості дорожнього покриття. При цьому захисний шар, що влаштовується, повинен не тільки перешкоджати доступу вологи до існуючого покриття і підвищувати його зчеплення з колесом автомобіля, але і ефективно перешкоджати виникненню пластичних деформацій в умовах інтенсивного руху.

Асфальтобетонні та цементобетонні покриття автомобільних доріг потребують періодичного ремонту та влаштування шару зносу. Без спеціального шару зносу бетонне покриття руйнується інтенсивно під дією зовнішніх факторів. В поверхневий шар просочується вода потім замерзає та руйнує бетон. Також існує велика кількість вже старого покриття яке можна оновити та продовжити його термін служби. Тонкий ремонтний шар закріплює верхню частину яка інтенсивно руйнується, просочує та дозволяє відкривати по ній рух. Це стосується практично всіх конструкцій та споруд. При чому ремонт необхідно виконувати практично через декілька років після влаштування покриттів не чекаючи капітального ремонту. Це дозволить істотно збільшити термін служби асфальто- та цементобетону, а в деяких випадках уникнути ремонту взагалі.

На сьогоднішній день в Україні не існує ефективної технології попереджувального ремонту. Поверхневі обробки, які виконувалися до 2004 року не витримують навантажень від сучасних транспортних засобів та швидко втрачають експлуатаційні якості. Тонкошарові емульсійно-мінеральні покриття не набули поширення через високу вартість та технологічні труднощі при реалізації. В науково-дослідних лабораторіях України практично не проводяться роботи по розробленню ремонтних складів матеріалів як для асфальтобетонних так і цементобетонних покриттів. Все це призводить до неефективного використання ресурсу для ремонтів. При оцінюванні вартості на період сумування витрат за 40 років вартість утримання та ремонту за стратегією виконання капітального ремонту чи реконструкції через 15 – 20 років, це найгірша і поширена модель, становить 640 000 дол. США. А за стратегією превентивних ремонтів становить 364 000 дол. США, що в 1,64 раз менше. Використання технологій консерваційної обробки покриттів надає можливість зменшення вартості матеріалу та вартості влаштування одного квадратного метра покриття.

Метою роботи є розроблення матеріалів та технології для влаштування міцних, щільних та водонепроникних шарів зносу (в т.ч. поверхневих обробок) з розробкою рекомендацій щодо влаштування ультратонких покривів при ремонті цементобетонних автомобільних доріг.

Огляд існуючих технологій.

Найбільш поширеними типами поверхневої обробки є:

1. **Влаштування шарів зносу з асфальтобетонної суміші типу ЩМА завтовшки до 5 см** (рис. 1). Достоїнствами такого методу є простота технології, що не вимагає застосування спеціалізованого обладнання, а також температурний режим навколишнього повітря при +10 °С. Недоліком даної технології є суворе дотримання технології укладання, зокрема температури укладання, застосування на ділянках, що знаходяться в безпосередній близькості від стаціонарних АБЗ, в радіусі 50 км, або використання мобільних АБЗ для приготування суміші з метою влаштування шарів зносу на ділянках, що знаходяться на значній відстані від дорожньо-будівельних робіт.



Рисунок 1 – Спеціальна техніка із розпилювачем мембрани для влаштування шарів зносу
Figure 1 – Special equipment with a membrane sprayer for installing wear layers

2. **Влаштування шорсткої поверхневої обробки із застосуванням фракціонованого щебеню та бітуму з розділним розподілом матеріалів** (рис. 2). Достоїнствами такої технології є простота технології, не потребує застосування спеціалізованого обладнання.



Рисунок 2 – Влаштування шорсткої поверхневої обробки із застосуванням емульсії та щебеню з роздільним розподілом матеріалів

Figure 2 – Rough surface finishing using emulsion and crushed stone with separate distribution of materials

3. Технологія влаштування шару зносу по мембрані із модифікованої бітумної емульсії.

Опис технології

Принцип технології влаштування тонкого шару зносу полягає у забезпеченні високошвидкісного (10 м/хв) укладання шару гарячої асфальтобетонної суміші підібраного гранулометричного складу поверх тонкого сполучного шару модифікованої емульсії (або бітуму), розподілених безпосередньо перед укладанням. Обидві операції проводяться за один прохід спеціального асфальтоукладача марки Vögele..

Для розподілу щебеню використовується щебенерозподільник, досить низькі витрати на влаштування, можливість застосування на ділянках, значно віддалених від місць дислокації дорожніх баз. Недоліками такого методу є жорсткі обмеження за температурою навколишнього повітря – не нижче +15 °С, а також введення обмеження швидкісного режиму на ділянці поверхневої обробки, пов'язане з часом «приживання» щебеню на покритті, при цьому виникає потреба у очищенні покриття шляхом змивання та збору зерен щебеню, що не закріпилися. Для збільшення приживання щебеню на покритті застосовується чорний щебінь, а для збільшення періоду, протягом якого можливе виконання робіт, - катіонні бітумні емульсії, в цьому випадку температура повітря при укладанні не нижче +15 °С.

4. Влаштування шорсткої поверхневої обробки із синхронним розподілом матеріалів за технологією «Чип Сил»

Перевагами даної технології є зниження кількості технологічних операцій та зменшення кількості техніки в порівнянні з традиційною технологією, зменшення технологічного циклу, висока приживаність кам'яних матеріалів на покритті, зниження загальної витрати матеріалів. Недоліком цього способу є застосування спеціалізованого обладнання - машини для синхронного розподілу матеріалів (чіпсилера) (рис. 3).



Рисунок 3 – CHIPSEALER A - універсальна машина, що поєднує в собі можливість одночасного розливу емульсії та розподілу щебеню.

Figure 3 – CHIPSEALER A - a universal machine that combines the ability to simultaneously pour emulsion and distribute crushed stone.

5. Влаштування тонкошарових покриттів з литих емульсійно-мінеральних сумішей

Однією з найпрогресивніших технологій, що дозволяють вирішити проблеми довговічності покриття шляхом захисту верхніх шарів конструкцій дорожнього одягу та відновлення їх транспортно-експлуатаційних параметрів, є влаштування шарів зносу з литих емульсійно-мінеральних сумішей (ЛЕМС) типу "Сларрі Сил"(рис. 4).

Поява цієї багатообіцяючої технології була викликана низкою переваг бітумних емульсій перед бітумом, таких як:

- використання в холодному стані, завдяки чому у 2–3 рази порівняно з «гарячими» технологіями уповільнюється процес старіння бітуму у циклі приготування сумішей;
- висока якість емульсійно-мінеральних сумішей, отриманих методом змішування у мобільній установці на дорозі;
- відсутність необхідності сушити та нагрівати кам'яні матеріали;
- висока однорідність сумішей та матеріалів за рахунок кращого змішування зерен з більш рідким за консистенцією бітумним в'язким матеріалом;
- можливість обробки емульсіями вологого кам'яного матеріалу та виконання робіт за низьких температур.



Рисунок 4 – Влаштування покриття ЛЕМС

Figure 4 – Installation of a coating made of cast emulsion-mineral mixtures (LEMS)

Для влаштування поверхневої обробки використовується машина SCHÄFER для тонкошарових покриттів.

6. Гарячий високо щебенистий гідроізоляційний асфальтобетон для захисних шарів.

За кордоном популярності набуває технологія влаштування захисних шарів з гарячого високо щебенистого гідроізоляційного асфальтобетону. Для виготовлення застосовують щебенистий зерновий склад типу ЩМА з максимальним розміром зерен 10 мм. В якості в'язучого застосовують бітум модифікований гумовою крихтою. Завдяки цьому забезпечується водонепроникність шару та відмінне прилипання до основи (рис. 5).

Влаштування високощебенистого гідроізоляційного асфальтобетону здійснюється за допомогою стандартного обладнання як при укладанні гарячих асфальтобетонних сумішей (асфальтоукладачі, катки). Товщина шару, що влаштовується 2,5 ... 4 см.



Рисунок 5 – Влаштування тонкого шару зносу із гарячої щебенистої асфальтобетонної суміші.

Figure 5 – Installation of a thin wearing course of hot crushed stone asphalt concrete mix.

Постановка проблеми. Усі перераховані технології мають свої істотні недоліки які не дозволяють їх масове застосування, а саме:

- Шари зносу із ЩМА. Виготовлення ЩМА складний технологічний процес. Висока температура приготування близько 180 °С та укладання. Дуже дорогі домішки та модифікатори. Неможливість возити на великі відстані.
- Влаштування по мембрані. Складність процесу виготовлення та вартість високомодифікованої бітумної емульсії. Отримання матеріалів із двох різних заводів - емульсійного та асфальтобетонного. Необхідна складна та дорога імпортна техніка – асфальтоукладач із розбризкувачем емульсії який потрібно замовляти.
- Влаштування шорсткої поверхневої обробки по бітуму або бітумній емульсії. Така технологія потребує використання дуже якісних емульсій. В Україні швидкорозпадні емульсії недостатньо швидко набирають міцність навіть при сонячній теплій погоді. Через це щебінь погано «приживається» до поверхні покриття. Потрібно істотно зменшувати швидкість руху на час формування. Великий виліт щебеню із покриття. Великі терміни формування покриття.

- Ситуація із бітумом не краща. Складна технологія полягає в тому щоб розподілити щебінь по гарячому бітуму що практично не можливо. Також дуже важко точно дозувати втрату бітуму. У результаті всі проблеми які описані вище.

- Влаштування ЛЕМС. Найкращий варіант для наших доріг але низька якість повільнорозпадної бітумної емульсії високі вимоги до чистоти кам'яного матеріалу, висока вартість, залучення дорогої техніки та спеціалістів високого класу із великим досвідом роблять поширення цієї технології неможливим.

- Гарячий високо щебенистий гідроізоляційний асфальтобетон для захисних шарів. Найперспективніша технологія на цей час. Але необхідно для виготовлення мати установку по модифікації, висока температура, неможливість укладання товщиною шару менше ніж 25 мм.

Основна частина. Запропоновано тонкошарове покриття із високощебенистої холодної асфальтобетонної суміші використання яких забезпечить відсутність перерахованих вище недоліків вже відомих поверхневих обробок.

Область застосування: Областю застосування високо щебенистого холодного асфальтобетону є влаштування верхнього шару полотна мостових споруд та підходів до них, влаштування захисних шарів автомобільних доріг, міських вулиць та доріг.

Ефективність:

Перевагами високощебенистого холодного асфальтобетону є:

- висока зсувостійкість
- висока стійкість до стирання
- зниження рівня шуму (особливо актуально у межах міста)
- високе зчеплення колеса з покриттям
- зниження ефекту аквапланування
- додаткова гідроізоляція
- укладання в холодному стані
- укладання на вологе покриття
- температура застосування від +5°C
- можливість влаштування покриття в дощову погоду;
- перевезення суміші на великі відстані, можливість накопичення у Бігбегах та на складі;
- суміш придатна до застосування протягом декількох днів після виготовлення;
- застосовується для поверхневої обробки дорожніх бетонних плит;
- укладання шаром товщиною від 10 мм.

Опис технології. Для вивчення можливості застосування такої технології розроблено склад холодного високощебенистого асфальтобетону (ХВЩА) на бітумах МГ, СГ із застосуванням ПАР. Даний асфальтобетон поєднує в собі властивості щебенево-мастичного та литого асфальтобетонів і має високі експлуатаційні властивості в умовах інтенсивного руху з великим навантаженням та руху громадського транспорту.

Укладання високощебенистого асфальтобетону здійснюється за допомогою стандартного обладнання як при укладанні гарячих асфальтобетонних сумішей. Застосовуються звичайні асфальтоукладачі без доробок для укладання суміші. Для укочування застосовуються пневматичні котки. Товщина шару укладання 10-15 мм.

Зерновий склад та вміст бітуму наведено у таблиці 1.

Для виготовлення суміші застосовувався бітум рідкий марок СГ 40/70, СГ 70/130, СГ 130/200 згідно ГОСТ 11955-82 із домішками катіонових ПАР.

Дослідна партія виготовлялася на стандартному АБЗ по технології гарячого асфальтобетону із мінімальним підігрівом матеріалів до температури +30 ... 40 °C. Матеріал поступав у мішалку із невеликою вологістю. Перемішування відбувалося протягом однієї хвилини. Температура бітуму при подачі у мішалку становила 90 ... 95°C. Суміш після виготовлення була однорідна та блискуча. За своїми технологічними властивостями вона займала проміжне положення між гарячим асфальтобетоном та литим асфальтобетоном. Суміш практично витікала із кузова при вивантаженні.

Таблиця 1– Зерновий склад холодної високощербенистої асфальтобетонної суміші та вміст бітуму

Table 1 – Grain composition of cold high-crushed asphalt concrete mix and bitumen content

ХВЦА	Вміст за масою, % зерен, менших даного розміру, мм								Вміст бітуму, %
	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071	
	95,0	43,0	25,1	15,2	10,3	8,6	4,6	2,0	6,2
Вимоги	90-100	20-55	5-30	0-17	0-14	0-12	0-9	0-4	5,0-7,0

На наступний день були влаштовані дослідні ділянки на дорогах із малою інтенсивністю руху. Умови влаштування та фото наведені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Приклади влаштування дослідних ділянок

Table 2 – Examples of experimental plot layouts

№ пп	Технологічна операція	Фіксація результату
1		Для влаштування застосована дерев'яна рамка із розмірами 0,5 на 0,5 м. Товщина рамки 15 мм. Температура повітря +3°C.
2		Суміш укладалася на вологе покриття після дощу. Температура покриття становила 0°C .
3		Суміш укладалася шаром товщиною 15 мм. Температура суміші становила 6°C. Суміш розрівнювалася і уковувалася колесом автомобіля за декілька проходів.

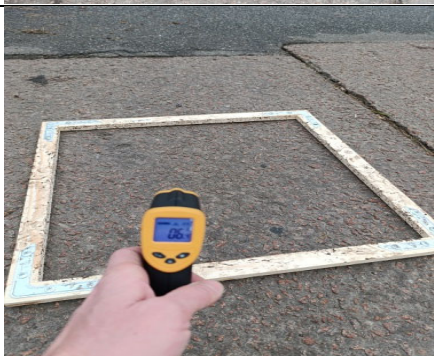
Продовження таблиці 2
Continuation of Table 2

4		Рамка знімалася і рух відкривався негайно.
5		Загальний вигляд дослідної ділянки на автомобільній дорозі місцевого значення с. Руда Білоцерківського району.
6		Загальний вигляд після укочування колесом автомобіля.
7		Дослідна ділянка через тиждень руху та формування. Стан покриття відмінний. Вильоту матеріалу не спостерігається. На узбіччі не фіксується щебінь.

Також вивчалася можливість влаштування тонкошарових покриттів для захисту бетонних дорожніх плит. Результати наведені у таблиці 3.

Таблиця 3 – Приклади влаштування тонкошарових покриттів для захисту цементобетонних дорожніх плит

Table 3 – Examples of thin-layer coatings for the protection of cement concrete road slabs

№ пп	Технологічна операція	Фіксація результату
1		Для влаштування застосована дерев'яна рамка із розмірами 0,5 на 0,5 м. Товщина рамки 15 мм. Температура повітря +6°C.
2		Суміш укладалася на вологе та сухе покриття Температура покриття становила +6°C/
3		Суміш укладалася шаром товщиною 15 мм. Температура суміші становила +14°C Суміш розрівнювалася і уковувалася колесом автомобіля за декілька проходів/
4		Рамка знімалася і рух відкривався негайно. Під'їзна дорога по вул. Зв'язківців с. Чайки Київська область.

Продовження таблиці 3
Continuation of Table 3

5		Загальний вигляд після укочування колесом автомобіля.
6		Дослідна ділянка через два тижні руху та формування. Стан покриття відмінний. Вильоту матеріалу не спостерігається. На узбіччі не фіксується щебінь.

Висновки. Шари зносу та тонкошарові покриття є ефективним і економічним рішенням для ремонту доріг в умовах обмеженого фінансування з кількох причин:

1. **Економічність. Зниження витрат на матеріали, менші трудозатрати, зменшення часу виконання робіт та відповідно зменшення вартості попереджувального ремонту:** Тонкошарові покриття потребують менше матеріалів, що безпосередньо знижує витрати на ремонт. Вони можуть бути нанесені без необхідності повної заміни або глибокого ремонту існуючого дорожнього покриття, що значно дешевше.

Мінімізація впливу на дорожній рух: Завдяки швидкому виконанню робіт і відносно малому обсягу необхідних матеріалів, ремонт з використанням тонкошарових покриттів має менший вплив на рух транспорту, знижуючи тимчасові незручності для водіїв.

2. **Технологічність. Швидкість виконання робіт:** Склад сумішей досить простий, не потребує складної технології або дорогих механізмів. При локальному ремонті суміш перемішується в ємкості або в БігБегу за допомогою простої техніки, та розподіляється вручну за допомогою лопат та граблів в тонкий шар, що відновлює характеристики поверхні. Тонкошарові покриття можна наносити швидше, ніж складніші або дорожчі методи ремонту, що дозволяє зменшити час, необхідний для відновлення дороги, та знизити витрати на тимчасові заходи для забезпечення руху транспорту. Не потребує складного обладнання та високої кваліфікації робітників, як для влаштування Slurry Seal та Micro Surfacing.

3. **Екологічність.** Немає необхідності розігрівати матеріал при виготовленні, та відповідно менше викидів CO₂ порівняно з великими ремонтами.

4. **Зносостійкість та довговічність. - Подовження терміну служби дороги:** Навіть при обмежених бюджетах, тонкошарове покриття дозволяє продовжити експлуатацію дороги на кілька років. Воно створює гідроізоляційний захисний шар, який уповільнює зношування основного покриття та покращує його характеристики.

5. **Можливість багаторазового застосування:** Тонкошарові покриття можна наносити кілька разів протягом терміну служби дороги, що дозволяє проводити ремонти поетапно, не перевантажуючи бюджет в один момент.

В цілому, використання тонкошарових покриттів є оптимальним варіантом у випадку обмежених фінансових ресурсів, оскільки є новим та перспективним методом попереджувальних ремонтів та дозволяє ефективно підтримувати стан доріг без необхідності значних витрат на середній поточний ремонт та капітальний ремонт і в подальшому повну реконструкцію.

На сьогоднішній день, немає офіційно прийнятого, науково і технічно обґрунтованого підходу до встановлення вимог та рекомендацій по методах виконання превентивних ремонтів із використанням шарів зносу.

Перелік посилань

1. ДБН 2.3.-4 Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина 2. Будівництво. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=96760
2. БН В.2.3-218-178-2004. Сооружения транспорта. Влаштування поверхневих обробок покриття автомобільних доріг на основі бітумних емульсій. Не діючий. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=46027
3. ТК 37641918/03450778-133:2012 Типова технологічна карта на влаштування подвійної поверхневої обробки з застосуванням щебенерозподільника ЩРД-3500 у зчепі з КамАЗ-55102. Діючий. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=54782
4. ТК 37641918/03450778-145:2012 Типова технологічна карта на влаштування одиночної поверхневої обробки з одним розсипом щебеню з застосуванням укладальної дорожньої колони SCHAFER Road-Master 4000. Діючий. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=54802
5. ТК 37641918/03450778-135:2012 Типова технологічна карта на влаштування одиночної поверхневої обробки з двома розсипами щебеню з застосуванням бітумощебенерозподільювача Patchmatic R-2. Діючий. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=54785
6. ТТК 03450778-156:2013 Типова технологічна карта на влаштування одиночної поверхневої обробки з застосуванням укладальних дорожніх колон Schafer RZS 14000, Kombajn KD 3D та бітумощебенерозподільювачів Secmair Chipsealer-40, ДН-008, Savalco HP27. Діючий. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=56559
7. БН В.2.3-218-532:2007. Влаштування тонкошарових покриттів на автомобільних дорогах державного значення. Не діючий. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=59964
8. Р В.3.2-218-03449261-728:2008. Рекомендації по застосуванню тонкошарових покриттів при поточному ремонті автомобільних доріг. Діючий. Дата прийняття: 03.12.2008. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=46643
9. ДСТУ Б Д.2.4-18:2014. (Збірник 18). Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Благоустрій. Не діючий. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=64317
10. СОУ 45.2-00018112-036:2009. Бітуми та бітумополімери рідкі. Технічні умови. Діючий. Дата початку дії: 01.04.2009. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=47863
11. 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-Volume I, Mississippi Department of Transportation, Jackson, MS. https://www.cce.msstate.edu/publications/FHWA_MS-DOT-RD-13-211-Volume_II

12. Kandhal, P.S. and Motter, J.B. (1991) Criteria For Accepting Precoated Aggregates for Seal Coats and Surface Treatments, Transportation Research Board, 1300, 80-89, Washington D.C. <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1991/1300/1300-010.pdf>
13. Queensland Department of Transport and Main Roads (2012). Materials Testing Manual, The State of Queensland, Department of Transport and Main Roads. <https://www.tmr.qld.gov.au/-/media/busind/techstdpubs/Materials/Material..>
14. Ergun, Murat & Iyınam, Sukriye & Iyınam, A.. (2005). Prediction of Road Surface Friction Coefficient Using Only Macro and Microtexture Measurements. Journal of Transportation Engineering 2005-04-01 131(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))

WAYS TO RESTORE AND PRESERVE ROADS IN CONDITIONS OF LIMITED FUNDING

Gameliak Igor P., Doctor of Engineering Sciences, professor, Head of department «System design of transport infrastructure objects and geodesy», National Transport University, e-mail: gip65@gmail.com, +380503524124, id ORCID 0000-0001-9246-7561, gip65@gmail.com

Zhuravskiy Demyan L., chief of laboratory, ShRBNU N100 (Kyiv, Ukraine) Number ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2277-4333>

Abstract. An analysis of existing methods of restoration and preservation of highways in conditions of limited funding was carried out by developing materials and technology for the installation of strong, dense and waterproof wear layers (including surface treatments) and with the development of recommendations for the installation of ultra-thin pavements during the repair of cement concrete highways.

Keywords: wearing layer, surface treatment, cold asphalt concrete, thin-layer pavement, ultra-thin-layer pavement

References

1. DBN 2.3.-4 Avtomobilni dorohy. Chastyna I. Proektuvannia. Chastyna 2. Budivnytstvo. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=96760
2. VBN V.2.3-218-178-2004. Sooruzheniya transporta. Vlashtuvannia poverkhnevyykh obrobok pokryttia avtomobilnykh doroh na osnovi bitumnykh emulsii. Ne diiuchy. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=46027
3. TK 37641918/03450778-133:2012 Typova tekhnolohichna karta na vlashtuvannia podviinoi poverkhnevoi obrobky z zastosuvanniam shchebenerozpodilnyka ShchRD-3500 u zchepi z KamAZ-55102. Diiuchy. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=54782
4. TK 37641918/03450778-145:2012 Typova tekhnolohichna karta na vlashtuvannia odynochnoi poverkhnevoi obrobky z odnym rozsykom shchebeniu z zastosuvanniam ukladalnoi dorozhnoi kolony SCHAFFER Road-Master 4000. Diiuchy. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=54802
5. TK 37641918/03450778-135:2012 Typova tekhnolohichna karta na vlashtuvannia odynochnoi poverkhnevoi obrobky z dvoma rozsykami shchebeniu z zastosuvanniam bitumoshchebenerozpodilnyvacha Patchmatic R-2. Diiuchy. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=54785
6. TTK 03450778-156:2013 Typova tekhnolohichna karta na vlashtuvannia odynochnoi poverkhnevoi obrobky z zastosuvanniam ukladalnykh dorozhnykh kolon Schafer RZS 14000, Kombajn KD 3D ta bitumoshchebenerozpodilnyvachiv Secmair Chipsealer-40, DN-008, Savalco HP27. Diiuchy. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=56559

7. VBN V.2.3-218-532:2007. Vlashtuvannia tonkosharovykh pokryttiv na avtomobilnykh dorohakh derzhavnoho znachennia. Ne diiuchy. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=59964
8. R V.3.2-218-03449261-728:2008. Rekomendatsii po zastosuvanniu tonkosharovykh pokryttiv pry potochnomu remonti avtomobilnykh dorih. Diiuchy. Data pryiniattia: 03.12.2008. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=46643
9. DSTU B D.2.4-18:2014. (Zbirnyk 18). Resursni elementni koshtorysni normy na remontno-budivelni roboty. Blahoustrii. Ne diiuchy. https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=64317
10. SOU 45.2-00018112-036:2009. Bitumy ta bitumopolimery ridki. Tekhnichni umovy. Diiuchy. Data pochatku dii: 01.04.2009. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=47863
11. 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-Volume I, Mississippi Department of Transportation, Jackson, MS. https://www.cee.msstate.edu/publications/FHWA_MS-DOT-RD-13-211-Volume_II
12. Kandhal, P.S. and Motter, J.B. (1991) Criteria For Accepting Precoated Aggregates for Seal Coats and Surface Treatments, Transportation Research Board, 1300, 80-89, Washington D.C. <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1991/1300/1300-010.pdf>
13. Queensland Department of Transport and Main Roads (2012). Materials Testing Manual, The State of Queensland, Department of Transport and Main Roads. <https://www.tmr.qld.gov.au/-/media/busind/techstdpubs/Materials/Material..>
14. Ergun, Murat & Iyınam, Sukriye & Iyınam, A.. (2005). Prediction of Road Surface Friction Coefficient Using Only Macro and Microtexture Measurements. Journal of Transportation Engineering 2005-04-01 131(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)).

Дата надходження до редакції 24.03.2025.