

БУДІВНИЦТВО

УДК 625.7/8

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2022.6/44>

Аринушкіна Н.С.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Грищенко Т.М.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СПОСОБІВ РЕГЕНЕРАЦІЇ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ

Дорожня галузь на даному етапі розвитку знаходиться в досить важкій ситуації, оскільки транспортно-експлуатаційний стан переважної більшості автомобільних доріг є незадовільним. В статті проведений аналіз основних способів ремонту автомобільних доріг та акцентована увага на сучасні технології гарячого та холодного ресайклінгу асфальтобетону.

Присутність пластичних деформацій, що проявляються на асфальтобетонних покриттях у вигляді колій та напливів, руйнувань у вигляді луцення, що спричиняє зменшення товщини шару покриття, а також сіток тріщин та інших дефектів вказують на перспективність застосування в Україні технології холодного ресайклінгу асфальтобетонних покриттів.

Одна з найважливіших наукових проблем удосконалення технології ремонтних робіт – вивчення особливостей процесів структуроутворення матеріалів і розробка на цій основі методів їх спрямованого регулювання технологічними впливами.

Незалежно від способу виконання ремонтних робіт технологічні впливи можна розділити на три групи: механічні, фізичні та хімічні.

Найважливішою особливістю процесів формування структури матеріалів при ремонті дорожніх одягів є комплексний характер технологічних впливів. Тому теоретичною основою наукових досліджень з удосконалення технології ремонтів автомобільних доріг на основі спрямованого регулювання процесів структуроутворення може служити фізико-хімічна механіка дисперсних систем.

Існуючі способи ремонтів дорожніх одягів за характером перебігу технологічних процесів і обумовлених ними особливостей структуроутворення матеріалів можна умовно розділити на дві великі групи; нарощування шарів та регенерація.

Важливим показником нової технології є продуктивність або швидкість ремонту покриття.

По ресурсозбереженню метод холодного ресайклінгу не має собі рівних, бо не передбачає використання великої кількості нових матеріалів, а відповідно мінімізує транспортні витрати. Цей метод дозволяє ефективно використовувати матеріали старого дорожнього одягу. Усунення тріщин у старих шарах при холодному ресайклінгу виключає їх відображення у покритті. Проведення дорожньо-будівельних робіт без розігрівання старого матеріалу завдає мінімальної шкоди навколишньому середовищу [1, 2].

Ключові слова: *способи регенерації, автомобільна дорога, асфальтобетонне покриття, фрезерування, регенерація, технологія гарячого та холодного ресайклінгу асфальтобетону.*

Постановка проблеми. Збільшення обсягів ремонту дорожніх покриттів, викликає необхідність удосконалення технологій ремонту, що застосовуються. Способи ремонту доріг можна умовно розділити на дві великі групи: нарощування шарів та регенерація.

У наші дні значного поширення набувають нові технології ремонту, які передбачають обробку або переробку матеріалу дорожнього одягу, що

ремонтуються, які передбачають використання додаткових органічних та мінеральних матеріалів в порівняно невеликих обсягах. Згідно нової технології існуючий матеріал дорожньої конструкції, використовується більш ефективно. Економічні розрахунки свідчать, що застосування регенованого асфальтобетону може дати значну економію грошових та матеріальних коштів, а також стати додатковим джерелом покриття дефіциту у мате-

ріаліях, що особливо актуально для України [1, 2].

Аналіз останніх досліджень. Питанням удосконалення технології ремонту асфальтобетонних покриттів, дослідженням причин, утворенням та механізмам розвитку дефектів, а також формуванням структури асфальтобетону під час ремонту, присвячені роботи провідних науковців дорожньої галузі. Ці дослідження свідчать, що умови роботи дорожнього одягу з асфальтобетонним покриттям значно визначаються: фізико-хімічними процесами, що протікають в асфальтобетоні, механічними – внаслідок впливу динамічних навантажень та погодно-кліматичними факторами. Внаслідок комплексного впливу перерахованих факторів відбуваються якісні зміни характеристик дорожнього покриття в процесі експлуатації. Досвід експлуатації дорожніх одягів, відремонтованих за способом нарощування шарів, свідчить про те, що однією з основних причин передчасного повторного руйнування є незадовільне міжшарове зчеплення на межі нового влаштованого матеріалу з ремонтною поверхнею [3, 4, 5, 6].

Методи ремонту покриттів, що ґрунтуються на використанні нових матеріалів, майже повністю виключають використання старого асфальтобетону.

Найбільш ефективним методом поліпшення транспортно-експлуатаційного стану автомобільних доріг є регенерація асфальтобетонних покриттів.

Мета роботи. Технології регенерації шарів дорожнього одягу з бітумомінеральних сумішей поділяються на два основні види: гарячі та холодні. Вибір того чи іншого способу регенерації залежить від стану конструктивних шарів дорожнього одягу.

Результати досліджень. У процесі експлуатації під дією атмосферних факторів і транспортних навантажень в асфальтобетоні відбувається інтенсивне старіння бітуму, розпадаються мінеральні матеріали та накопичуються втомні пошкодження. У результаті на покритті утворюються викришування, тріщини, вибоїни, хвилі, напливи, колії. За значного погіршення експлуатаційного стану покриттів у них зберігається до 60-90 % корисної маси асфальтобетону.

Під регенерацією розуміють відновлення початкових властивостей асфальтобетонних сумішей.

Способи регенерації асфальтобетонних шарів дорожніх одягів, умовно поділяють на чотири групи: просочення покриття складом, що омолоджує; вирівнювання при нагріванні; фрезерування та розламування матеріалу покриття з видаленням та подальшою його переробкою та

укладанням. Першу групу способів застосовують у профілактичних цілях, другу – головним чином для усунення нерівностей і поверхневих дефектів, а третю і четверту – переважно для відновлення міцності окремих шарів покриття і дорожнього одягу в цілому.

Регенерація асфальтобетонних покриттів просочуванням «омолоджувальними» сумішами – профілактичний захід, за допомогою якого відновлюється якість існуючого бітуму. Для просочення застосовують матеріали, основу яких становлять масла, що містять велику кількість ароматичних сполук. Вуглецевий склад просочувального матеріалу підбирають для відновлення кількості легких фракцій бітуму, втрачених ним у процесі старіння. Просочення підвищує пластичність асфальтобетону, сповільнює появу на покритті тріщин і викришування, збільшує термін його служби.

За кордоном у якості «омолоджувальних» сумішей найбільш поширені рідини на основі катіонних емульсій. В Україні для цього застосовують різні відходи промислового виробництва до складу яких входять масла [2].

Регенерацію старого асфальтобетонного покриття виконують двома основними способами: з повторним застосуванням старого асфальтобетону, який пройшов регенерацію в заводських умовах, та з повторним застосуванням старого асфальтобетону, який пройшов регенерацію безпосередньо на місці будівництва.

Вибір того або іншого способу залежить від якості старого асфальтобетону та економічної доцільності.

Переробка старого асфальтобетону на заводі трудомісткий та енергоємний процес, який потребує будівництва спеціальних цехів, використання спеціального обладнання для регенерації старого асфальтобетону та великих транспортних витрат щодо переміщення фрезерованого матеріалу і зворотнього транспортування.

Регенерацію асфальтобетону в заводських умовах виконують, коли необхідно усунути дефекти не тільки верхнього але і нижнього шару покриття. Цей спосіб застосовується при незадовільній якості матеріалу покриття та при необхідності видалення великої кількості матеріалу внаслідок значних руйнувань покриття підвищеної товщини. Однією з основних операцій цього способу є видалення дефектного шару покриття гарячим або холодним фрезеруванням.

Попередньо фрезерований асфальтобетон поступає на АБЗ, де зберігається в штабелях до його переробки. Переробку старого асфальтобетону

виконують в спеціальних змішувачах. Найбільш трудомісткою операцією є нагрівання знятого матеріалу без погіршення властивостей старого бітуму та без утворення великої кількості диму.

У випадку холодного або гарячого фрезерування покриття необхідне додаткове подрібнення та просіювання матеріалу для отримання асфальтового грануляту.

Процес виготовлення регенованої асфальтобетонної суміші виконується по заданій програмі. Готова суміш з температурою 140–160 °С вивантажується в накопичувальний бункер або в кузов автомобілів-самоскидів та транспортується до місця укладання, та влаштовується за традиційною технологією.

Відновлення асфальтобетонного покриття безпосередньо на дорозі виконується за допомогою спеціального агрегату або набору агрегатів, які забезпечують переробку та укладання суміші.

Існуючі способи регенерації асфальтобетонних шарів на дорозі ділять на дві групи:

- з попереднім розігріванням асфальтобетону;
- без попереднього розігрівання асфальтобетону.

Регенерація асфальтобетону на дорозі з попереднім розігріванням включає п'ять наступних технологій [3,5,7].

Метод з додаванням пластифікатору. Вирівнювання під час нагрівання з пластифікацією полягає в тому, що в розпушену нагріту суміш у процесі перемішування вводять пластифікатор, з метою уповільнення появи відбитих тріщин, для відновлення властивостей застарілого бітуму, поліпшення ущільнення старого розпушеного асфальтобетону та збільшення терміну служби відремонтованого покриття. Пластифікатор застосовується також у вигляді емульсій різних типів.

Основними технологічними операціями даного методу є: розпушування асфальтобетону, введення пластифікатору, розподіл суміші по ширині покриття, планування та ущільнення;

Метод без додавання нової суміші. Регенерацію асфальтобетонних покриттів без додавання нової суміші виконують на ділянках з пластичними деформаціями, що виникли через застосування в асфальтобетоні недостатньо в'язкого бітуму. У процесі нагрівання під дією кисню та температури, бітум окислюється і його в'язкість підвищується, що поліпшує зсувостійкість асфальтобетону.

Покриття розігрівають за допомогою блоку пальників інфрачервоного випромінювання до температури 100–160 °С на поверхні, та темпе-

ратури 50–60 °С на глибині 3 см. Покриття розпушують на глибину 3–4 см, перерозподіляють суміш по ширині покриття, планують і ущільнюють його. Після регенерації без додавання нової суміші необхідне влаштування поверхневої обробки;

Метод з додаванням нової суміші, без перемішування зі старою. Спосіб термоукладання передбачає відновлення покриття з додаванням нової суміші, яка укладається на розпушену суміш старого покриття. При термоукладанні відновлюється рівність і шорсткість покриття та виправляється поперечний профіль. Укладання нової суміші ведеться в єдиному технологічному процесі однією машиною: розігрівання та розпушування асфальтобетону, попереднє ущільнення, додавання нової суміші, розрівнювання та ущільнення.

Даний спосіб застосовується тільки при відсутності деформацій у шарах дорожнього одягу що розташовані нижче.

Загальна товщина покриття повинна бути не менше 80 мм, а товщина шару що регенерується на 10 мм більше максимальної глибини розпушування. Виконання робіт допускається при температурі повітря не нижче плюс 5 °С. Ці роботи виконує машина Репейвер фірми Віртген (ФРГ);

Метод «ремікс» – розпушена стара асфальтобетонна суміш перемішується з новою. Цим способом також усуваються ті ж дефекти і руйнування дорожнього покриття. За допомогою даного способу, поліпшуються фізико-механічні властивості старої асфальтобетонної суміші. Для вибору нового складу суміші з урахуванням властивостей старого асфальтобетону з покриття відбирають керни, досліджують суміш та проектують новий склад з урахуванням існуючих матеріалів і в'язучих.

Послідовність технологічних операцій: розігрівання, розпушування старої суміші з додаванням нової та змішування. Весь процес протікає в єдиному технологічному циклі на місці проведення робіт з допомогою машин фірми Віртген (нагрівальна установка та Реміксер).

Перемішування нової суміші з розігрітим покриттям дає змогу отримати однорідну суміш, в якій рівномірно розподілені частинки старого асфальтобетону та нової суміші. Регенерація покриття з додаванням та перемішуванням нової суміші забезпечує вищу якість ремонту.

Метод «ремікс-плюс» – під час процесу термо змішування влаштовується додатковий шар з нової суміші. Розподільний шнек, який заванта-

жується транспортером, укладає на реміксований матеріал шар нової суміші. Ущільнення виконується одночасно.

Останнім часом в Україні знаходить поширення технологія холодного фрезерування старих асфальтобетонних покриттів та застосування асфальтобетонного грануляту як матеріалу для влаштування нижніх шарів дорожнього одягу на дорогах з низькою інтенсивністю руху, або як компонент гарячих асфальтобетонних сумішей [6, 8, 9, 10].

Ця технологія забезпечує «омонолічування» старих розтрісканих бітумомінеральних шарів, і вирішує проблему утворення відбитих тріщин і руйнувань безпосередньо на дорозі.

Згідно з закордонним досвідом, проведення всіх робіт безпосередньо на дорозі, без розігрівання старого асфальтобетонного покриття, дозволяє знизити витрати на підсилення дорожнього одягу в 1,2–1,5 рази, у порівнянні з традиційною технологією. Введення в рецикльований асфальтобетонний гранулят в'язучого забезпечує зростання міцності. Вид в'язучого впливає на міцність покриття. Додавання емульсії знижує тертя між гранулами при ущільненні суміші, зменшується показник залишкової пористості та водонасичення і зростає міцність бетону з рецикльованого асфальтобетонного грануляту.

При використанні цементу, спостерігається збільшення показника залишкової пористості та істотно зростає міцність за рахунок часткового заповнення порожнин цементним каменем, когезія якого вище за когезію асфальтобетонного розчину, який входить до складу грануляту. Як і для цементного бетону, з часом міцність покриття з такого матеріалу зростає [11].

У випадку одночасного використання для зміцнення рецикльованого асфальтобетонного грануляту мінерального (цемент) та органічного в'язучого (бітумна емульсія), баланс коагуляційно-кристалізаційних зв'язків переміщується на користь перших. При додаванні цементу зберігається міцність матеріалу та прискорюється формування його структури за рахунок зв'язування частини води. За своєю структурою бетон із рецикльованого асфальтобетонного грануляту близький до великоуламкових ґрунтів, укріплених комплексним в'язучим.

Регенерація асфальтобетону на дорозі без попереднього розігрівання може виконуватися наступними методами [4]:

1) Метод ремонту асфальтобетону на дорозі холодним способом полягає в холодному фрезеруванні дефектного шару покриття, навантаженні

видаленого матеріалу в пересувний змішувач, перемішуванні завантажених матеріалів та укладанні нового шару із регенованого матеріалу.

Цей метод застосовується при відновленні ділянок з великою і однорідною товщиною покриття, де ефективність фрезерування на велику глибину забезпечує економічність методу.

2) Ресайклінг – з додаванням в'язучого. В залежності від товщини шарів дорожнього одягу, подрібнення матеріалу виконують на всю товщину, якщо вона менше 50 мм або пошарово, якщо більше 50 мм. Холодний ресайклінг може виконуватися з додаванням бітумної емульсії та цементу одночасно. При проведенні робіт пошарово валик із подрібненого матеріалу відсувають і ті ж самі операції виконують з нижче розташованими шарами. Матеріал верхніх шарів в зворотньому порядку повертають із валиків в корито, розрівнюють та ущільнюють.

3) Рециклювання – з додаванням нових матеріалів. Виконується холодне фрезерування покриття, а при необхідності частково і основи, підґрунтовка основи, додавання щебеню, чорного щебеню, відфрезерованого матеріалу, органічного або мінерального в'язучого (цементу, бітумної емульсії або комплексного в'язучого), а також регенеруючих добавок, перемішування компонентів, розподілення та ущільнення суміші. Щільність шару після ущільнення повинна бути максимальною. При ущільненні товстих шарів – ущільнення виконується спочатку вібраційними котками, потім котками на пневматичних шинах, а на заключній стадії – гладковальцевими котками. При ущільненні тонких шарів – спочатку застосовують котки на пневматичних шинах, після чого ущільнення здійснюється гладковальцевими котками з вимкненим вібратором. Усі операції повинні виконуватися на дорозі, в суху погоду при температурі повітря не нижче плюс 10 °С.

Після ущільнення необхідно влаштовувати захисний шар, який виключатиме вплив погодних факторів та транспортного потоку.

Для реалізації технології рециклювання шарів дорожнього одягу безпосередньо на дорозі з використанням бітумної емульсії або спіненого бітуму розроблена велика кількість різноманітних машин – від механізмів укріплення ґрунтів до комплексу, який виконує фрезерування, подрібнення, перемішування і укладання з попереднім ущільненням рецикльованого матеріалу. Комплект може складатися з декількох машин, які працюють на певній відстані одна від одної або представляють собою одну машину, що виконує

всі операції. Існує велика кількість можливих комбінацій машин, що відрізняються за вартістю і характером робіт, які вони можуть виконувати, потужністю та якістю готової продукції.

Висновки. За допомогою холодного рециркулювання покриттів на дорозі можливе: повторне використання старих матеріалів існуючих покриттів, забезпечення однорідності покриття, зниження обсягу відходів та зменшення видобутку матеріалів з кар'єрів, відновлення окремих смуг дороги з значними руйнуваннями покриття, зниження незручностей, пов'язаних з роботою транспорту, зниження витрат на відновлення зношених покриттів, відсутність необхідності після рециркулювання підсипання укріплених узбіч.

Незважаючи на те що при рециркулюванні на дорозі спостерігається підвищена неоднорідність, у порівнянні з новими сумішами, можливе утворення поздовжніх тріщин, більш тривалий час

відновлення в порівнянні з улаштуванням захисних шарів перекриття з асфальтобетонної суміші, метод холодного ресайклінгу може бути успішно застосований для переведення перехідних дорожніх одягів у полегшені, а полегшених – у капітальні. Для покращення властивостей регенованої суміші особливу увагу необхідно приділити обґрунтуванню призначення в'язучого.

Перевагою технології холодного ресайклінгу можна вважати використання новітньої техніки з допомогою якої існує можливість підвищити швидкість та якість виконання робіт. У екологічному відношенні дана технологія є більш привабливою, так як має менший негативний вплив на навколишнє середовище.

За даною технологією зменшується дальність переміщення матеріалів, вартість робіт. В теперішній час вона може бути надзвичайно актуальною в Україні.

Список літератури:

1. Стороженко М. С. Формирование и повышение технического уровня городских автомобильных дорог. Киев : УМК ВО, 1989. 92 с.
2. Прусенко Є.Д. Постійні пристрої на автомобільному транспорті: навч. посіб. Київ: ІСДО, 1994. 216 с.
3. Савенко В.Я., Ілляш С.І., Терещенко Т.А. Класифікація технологій гарячого ресайклінгу дорожнього асфальтобетону методами «in place». Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 105. 2019. С. 13–22.
4. Справочная энциклопедия дорожника. Том 2. Ремонт и содержание автомобильных дорог / Под ред. проф. А.П. Васильева, Москва : 2004. 1129 с.
5. Дорожні покриття. Рециркулювання дорожніх одягів: посібник з гарячого рециркулювання асфальтобетону зі старих покриттів на заводі. Ч. 3 / за заг. ред. В.К. Жданюка і Д. Сибільського. Харків : ХНАДУ, 2006. 52 с.
6. Дорожні покриття. Рециркулювання дорожніх одягів: посіб. з холодного рециркулювання дорожніх одягів із використанням бітумної емульсії або спіненого бітуму. Ч. 2 / за заг. ред. В.К. Жданюка і Д. Сибільського. Харків : ХНАДУ, 2006. 76 с.
7. Терещенко, Т.А. Шляхи розвитку технологій гарячого ресайклінгу дорожнього асфальтобетону. *Автошляховик України*. 2014. № 2. С. 42–48.
8. Ільченко В.В. Відновлення дорожніх одягів із застосуванням технології холодного фрезування. *Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво)*. Полтава: ПолтНТУ, 2006. Вип. 18. С. 135–138.
9. ДСТУ 8978:2020. Настанова з улаштування шарів дорожнього одягу за технологією холодного ресайклінгу. [Чинний від 2021-01-05]. Київ, 2020. 17 с.
10. Сасько М.Ф., Копинець І.В. Переваги і недоліки застосування технології холодного ресайклінгу. *Автошляховик України*. 2011. № 1. С. 33–39.
11. Дорожні покриття. Рециркулювання дорожніх одягів: посібник з холодного рециркулювання дорожніх одягів безпосередньо на дорозі із використанням цементу. Ч. 1 / за заг. ред. В.К. Жданюка і Д. Сибільського. Харків : ХНАДУ, 2004. 105 с.

Arinushkina N.S., Grishchenko T.M. ANALYSIS OF MODERN METHODS OF REGENERATION ROAD PAVEMENT

The road industry at this stage of development is in a very difficult situation, as the transport and operational condition of the vast majority of roads is unsatisfactory. The article analyzes the main ways of repairing roads and focuses on modern technologies of hot and cold recycling of asphalt concrete.

The presence of plastic deformations on asphalt pavements in the form of tracks and inflows, destruction in the form of peeling, which reduces the thickness of the coating layer, as well as cracks and other defects indicate the prospects of cold recycling technology in Ukraine asphalt pavements.

One of the most important scientific problems of improving the technology of repair work is the study of the peculiarities of the processes of structure formation of materials and the development on this basis of methods of their directed regulation by technological influences.

Regardless of the method of repair work, technological impacts can be divided into three groups: mechanical, physical and chemical.

The most important feature of the processes of forming the structure of materials in the repair of pavement is the complex nature of technological influences. Therefore, the theoretical and chemical mechanics of dispersed systems can serve as a theoretical basis for scientific research to improve the technology of road repairs on the basis of targeted regulation of structural processes.

Existing methods of repairing pavements by the nature of the technological processes and the resulting features of the structure of materials can be divided into two major groups; layer building and regeneration.

An important indicator of new technology is the performance or speed of repair of the coating.

In terms of resource conservation, the method of cold recycling has no equal, because it does not involve the use of a large number of new materials, and thus minimizes transport costs. This method allows you to effectively use the materials of old pavement. Elimination of cracks in the old layers during cold recycling eliminates their reflection in the coating. Carrying out road construction works without heating the old material causes minimal damage to the environment.

Key words: *methods of regeneration, highway, asphalt pavement, milling, regeneration, technology of hot and cold recycling of asphalt concrete.*