

ВИКОРИСТАННЯ ГУМОВОЇ КРИХТИ ДЛЯ МОДИФІКАЦІЇ БІТУМУ

THE USE OF RUBBER CRUMB IS FOR MODIFICATION OF BITUMEN



Мірчук Ірина Олегівна, аспірант, кафедра «Мости, тунелі і гідротехнічні споруди» Національний транспортний університет, e-mail: ira.mirchuk@ukr.net, тел. +380936718902,

<https://orcid.org/0000-0003-3928-4293>



Онищенко Артур Миколайович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, e-mail: onyshchenko.a.m.ntu@gmail.com, тел. +380687771899,

<https://orcid.org/0000-0002-1040-4530>



Плазій Євген Павлович, аспірант, кафедра «Мости, тунелі і гідротехнічні споруди» Національний транспортний університет, e-mail: elaziy@gmail.com, тел. +380503585869

<https://orcid.org/0000-0002-9269-4518>

Анотація. Основною причиною руйнування шарів дорожнього одягу є втрата структурних зв'язків у матеріалі асфальтобетонних шарів, що значною мірою зумовлено низькою якістю бітуму. З метою покращення властивостей в'язучих матеріалів сьогодні в зарубіжній та вітчизняній практиці для влаштування та ремонту дорожніх покриттів використовують композиційні в'язучі на основі бітуму та модифікаторів. Одним із шляхів поліпшення властивостей асфальтобетону є використання модифікаторів на основі гумової крихти, отриманої з автомобільних шин, що втратили споживчі властивості, а також інших гумотехнічних виробів. Важливе екологічне значення має також проблема використання шин. Відпрацьовані продукти накопичуються в місцях експлуатації (автопарки, аеродроми, промислові підприємства тощо). Крім того, шини мають високу пожежну небезпеку, а продукти неконтрольованого згоряння чинять практично незворотний вплив на навколишнє середовище. У роботі представлено вітчизняний та зарубіжний аналіз використання гумової крихти для модифікації бітуму з метою підвищення фізико-механічних показників дорожнього одягу. Асфальтобетонне покриття на транспортних спорудах, до складу якого входить бітум, схильне до значного впливу несприятливих факторів (атмосферні опади, зміна температури навколишнього середовища, навантаження від автотранспорту та ін.), які знижують його довговічність. Модифікація дорожнього бітуму є одним із перспективних напрямків підвищення довговічності асфальтобетонного покриття на штучних спорудах. Оскільки гума крихта має органічну спорідненість з компонентами бітуму і фізико-механічна взаємодія дає однорідний матеріал з істотно відмінними характеристиками від вихідного матеріалу.

Ключові слова: бітум, модифікація, гума крихта.

Вступ. Штучні мостові споруди є важливою складовою частиною дорожньої мережі, та для забезпечення нормального її функціонування велике значення має експлуатаційний стан мостового полотна.

При виконанні ремонтних робіт з влаштування конструкцій дорожнього одягу значну роль відіграє якість та кількість в'язучої речовини в складі асфальтобетонної суміші. Для прогнозування та забезпечення високих показників стійкості покриття до дії навантаження від транспортних засобів, а також до впливу зовнішніх факторів важливим фактором є оптимально підібраний склад асфальтобетонної суміші, в тому числі і модифікуючих добавок. Використання модифікаторів на основі гумової крихти для покращення властивостей в'язучих в асфальтобетонній суміші, є одним з найбільш ефективних технічних рішень для посилення механічних властивостей конструкцій дорожнього одягу.

Пошкодження, постійна деформація та розтріскування - це три основні проблеми, пов'язані з роботою асфальтобетонних покриттів з гарячої суміші. Існує ряд модифікаторів, які можна додати до асфальтових сумішей, та вони можуть забезпечити вирішення однієї або декількох з цих проблем.

Роботи з використання гумових відходів при влаштуванні асфальтобетонних покриттів, розпочаті ще в (30-40)-х роках минулого століття та узагальнені в публікаціях Г.К. Сюньї, Н.В.Горелишева, Ф.Н.Пантелеєва та ін. Слід зазначити, що досвід використання гумових відходів є не лише в дорожньому будівництві, але і у виробництві гідроізоляційних, покрівельних і герметизуючих матеріалів.

При використанні асфальтобетонів з гумовою крихтою, зменшується ймовірність появи вторинних тріщин на поверхні дорожнього покриття. Крупність зерен гуми повинна бути не більше 1 мм, вважається, що найбільша щільність складів асфальтобетонної суміші забезпечується при крупності частинок гуми не більше 0,63мм.

На сонці звичайний асфальт окислюється, дрібнозернисті матеріали, що входять до його складу, такі як пісок - "вивільняються", і асфальт починає розшаровуватися. А ось асфальт з гумовою добавкою позбавлений цього недоліку, тому що не містить великої кількості дрібнозернистого матеріалу.

Досвід використання асфальтобетонних сумішей з використанням гумової крихти в зарубіжних країнах показав, що через 15 хвилин після завершення робіт покриття можна вводити в експлуатацію, за рахунок того що покриття обливають вапняною водою. Вода випаровується, і вапно усуває липкість асфальту.

Мета і методи. Аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду модифікації бітуму гумовою крихтою з метою покращення фізико – механічних показників асфальтобетонних сумішей.

Мета публікації полягає у визначенні ефективності використання гумової крихти для модифікації бітуму.

Об'єкт дослідження є специфіка переробки зношених покришок, яка полягає в тому, що вони містять елементи, виконані з різних типів гуми, і, поряд з цим, значну кількість металевого дроту (до 15 %) і синтетичного корду (до 15%). Тому в цілях ефективної утилізації покришок доводиться, перш за все, ретельно відокремлювати гуму від синтетичного корду і металокорду. Наприклад, при отриманні вторинних гум з використанням відходів шинної гуми вміст металевих часток не повинен перевищувати у вторинному продукті (0,01-0,03) %. Можливо, що в майбутньому будуть розроблені також методи розділення шинних відходів за сортами гум з метою їх індивідуального вторинного використання. Однак, зараз в цьому напрямку проводяться тільки пошукові дослідження [1].

В даний час у світі використовується значна кількість різних технологічних ліній з переробки зношених покришок [12]. Це:

- а) лінії переробки при низькій температурі;
- б) лінії переробки при нормальній і підвищеній температурі;
- в) лінії переробки при високій температурі.

Такий розподіл ліній, звичайно, є досить умовним, оскільки будь-яка переробка автошин складається з кількох операцій, які виконуються при різних температурах. І все ж поділ ліній за температурою переробки автопокришок і, перш за все, за температурою переробки на етапі тонкого подрібнення гуми має певні переваги і цілком виправданий.

Основна перевага ліній переробки зношених покришок при низькій температурі полягає в тому, що при низьких температурах можна легко відокремити гуму від корду. Часто пишуть, що іншою перевагою цих ліній є зменшення енерговитрат, оскільки з пониженням температури знижується робота на руйнування і подрібнення гуми. Однак, цей висновок не зовсім точний. Робота на руйнування гуми, дійсно, знижується в 2-2,5 рази при зниженні температури до - (100-120) °С. Але, для цього потрібна значна кількість холодоагенту, а енерговитрати на виробництво холодоагенту, (3,0 кг рідкого

азоту на 1,0 кг отриманої гумової крихти), як правило, перебивають, а іноді дуже значно, ту економію, яку дає зниження енерговитрат на руйнування гуми [11].

З урахуванням останнього, використання криогенних технологій при переробці зношених автопокришок можна визнати за доцільним тільки в тих країнах (США, Німеччина та деякі інші), де є великі потужності з отримання рідкого азоту; продаж рідкого азоту фірмам, що займаються переробкою зношених покришок та інших гумовополімерних відходів, здійснюють за зниженими цінами; є обладнання, що забезпечує подрібнення гуми при низькій витраті рідкого азоту (наприклад, установки фірми «INTEC», Німеччина; фірми «WIRTECH» Швейцарія та інші, у яких витрата рідкого азоту становить від 0,5 кг до 0,8 кг на кілограм одержуваного порошку) [2]. Необхідно враховувати також, що при криогенному подрібненні отримують порошок з гладкою поверхнею частинок і що, в силу цього, потрібна додаткова хімічна або фізична модифікація порошку, що призведе до збільшення питомих енерговитрат ще на (100-400) кВт.г./т.

Мабуть, найбільш ефективною є переробка гумової крихти в роторному диспергаторі. Як було показано у спільній роботі «Gaja Internatinal» (Іллінойс, США) переробка в диспергаторі криогенної крихти з розміром 0,4 мм дозволяє знизити розмір крихти в 1,5 рази і збільшити її питому поверхню майже в 5-10 раз при питомих енерговитратах всього 50 кВт год./т. Більш виправданим є використання турбодетандерів, за допомогою яких зношені шини або шинну гуму охолоджують в процесі переробки холодним повітряним потоком до температури мінус (100-130) °С. Однією з ліній, на яких використані турбодетандери, є лінія переробки автопокришок вибухоциркуляційним методом, що розроблена фірмами УНЦ «Кріоконсул» і ТОВ «Експлотех». На першому етапі переробки на цій лінії з покришок вирізають бортові кільця, роблять поперечні розрізи і згортають кожну покришку в спіраль, утворюючи з неї невелику котушку діаметром від 20 см до 25 см. Для цього використовується спеціальний верстат компактування, який виготовляють або стаціонарним, або змонтованим на автомобільному шасі. Такі компактовані шини зручні для перевезення з місць збору, зі звалищ тощо. З кількох компактованих шин виготовляють циліндричний пакет довжиною біля одного метра з центральним каналом, в якому розміщується заряд вибухової речовини з аміачної селітри і дизельного палива. Після охолодження пакету до мінус 120 °С з допомогою турбодетандера і переміщення його в камеру вибухоциркулятора здійснюють руйнування пакету вибухом заряду. Під час вибуху утворюється ударна хвиля, що циркулює по замкненому контуру. Якщо в момент вибуху температура пакета становить менш мінус 70 °С, то відбувається відшарування гуми від корду і повне руйнування гуми до розміру частинок від 0,5 мм до 5 мм. Гумові частинки мають монолітну структуру, приповерхневий шар частинок частково девулканізований. Після магнітної вібросепарації від залишків корду гумові частинки перетворюють в активний дискретно девулканізований порошок за допомогою роторного диспергатора [3].

Характерною особливістю лінії є наявність системи фільтрації газів, які утворюються у вибухоциркуляторі під час вибуху, тобто системи очищення газів від токсичних продуктів. Технологія захищена патентами в США, Канаді, Японії, Німеччині та інших країнах.

Лінії переробки зношених покришок при нормальній і підвищеній температурі в даний час найбільш поширені, тобто є у багатьох країнах. Можна назвати деякі з фірм, що займалися чи займаються розробкою, виготовленням та експлуатацією ліній цього типу: «SIMP» (Франція), «Hot-Lap» (Німеччина), «Granutech-Saturn Systems Corporation» (США), «Sin Sheng Kuang Electric & Machinery Industrial Co., Ltd» (Тайвань), «Hyundai Motors» (Південна Корея), «Salvadori» (Італія), ОДО «Астек» (Болгарія), «Konings Rubber Technology BV» (Голландія), «Ermafa Kunststofftechnik Chemnitz GmbH & Co» (Німеччина) та багато інших [9].

Переробка автошин на таких лініях зазвичай складається з:

- а) грубого дроблення (розрізання) шин на фрагменти (іноді цьому передують вирізання бортових кілець, в інших випадках шину вирізають разом з кільцями);
- б) відшарування корду від гуми і його сепарації;
- в) тонкого подрібнення гуми.

На першому етапі використовують шредери, ножові або фрезерні дробарки, на другому (для відшарування корду) - молоткові або валкові дробарки, а також сепаратори, і на третьому етапі - млини тонкого помолу. На лінії фірми «Konings Rubber Technology BV» (Голландія), а також лінії тайванської фірми «Sin Sheng Kuang», яка, напевне, створювалася за безпосередньої участі голландської фірми, шредер і роторна установка для відшарування корду розміщені в одному блоці, що створює певні зручності при експлуатації. Цікаву конструкцію мають ротори, що

використовуються на цих лініях для відшаровування корду і зазнають в процесі переробки шинної гуми найбільш сильного абразивного зносу. Під час роботи переважно зточуються розташовані на поверхні ротора виступи. Кожен такий виступ виконаний у формі змінної накладки, що істотно полегшує ремонт роторів [4].

Для першої стадії процесу переробки пропонується постачання ділянки з наступним набором обладнання:

- а) верстат для обробки шин, за допомогою якого здійснюють відділення та подрібнення протекторної гуми до першого шару корду;
- б) дві борторізки (для шин розміром менше 18 дюймів і від 18 та 22 дюймів) для розділення шини на два бортових кільця, дві боковини та центральну протекторну частину;
- в) гільйотина, що забезпечує розрізування боковин і протекторної частини на дрібні сегменти.

Обладнання цієї ділянки може бути встановлено або в стаціонарному приміщенні, або на автомобільному шасі. В останньому випадку воно може бути використано без підключення до зовнішньої електромережі. В залежності від конструкції гільйотини на даному обладнанні можна отримувати шматки покришок або розміром 10 x 10 см, або 2,5 x 2,5 см, або ще більш дрібні шматки. Подальша переробка відбувається в млинах різального і роторного типу, де одержують гранулят розміром від 3,0 мм до 0,8 мм [13]. При цьому забезпечується утримання в гумі текстильного корду менше одного відсотка і досягається практично повна відсутність металевих кордів. Відзначимо й інші особливості даної лінії: енерговитрати на отримання кінцевого грануляту не перевищують 250 кВт.год/т і забезпечується можливість переробки великогабаритних шин.

Існують технології переробки шин при високих температурах. Використання відповідних температур полегшує механічне руйнування гуми і, тим самим, призводить до зниження питомих енерговитрат на подрібнення. Для кожного типу гуми існують температури, при яких у гумі починається розрив полісульфідних або інших міжмолекулярних зв'язків. Наприклад, для ізопренових гум високими температурами слід вважати температури вище 140 °С, для гум на основі етиленпропілендієнового каучуку – температури вище 200 °С і т.д.

Технологічними перешкодами реалізації таких технологій є поступове налипання перероблюваної гуми на ріжучі леза, які застосовуються для ударного руйнування, молотки і на стінки камери подрібнення. Мабуть, єдиним винятком є подрібнення гуми шляхом зсувних зусиль, яке у випадку використання ізопренової гуми виконується за температури від 180 °С до 190 °С, а етиленпропілендієнової гуми – при (240-250) °С. За цією технологією розроблено лінію для переробки зношених автопокришок та отримання з них активного гумового порошку, порошкових композитних модифікаторів та інших комерційно цінних матеріалів.

Високоєфективна технологія переробки зношених автошин в гумову крихту розроблена і впроваджена в НПФ «Вторкомполит» (м. Одеса). Технологія передбачає оброблення автошин, видалення металокорду, подрібнення гуми, сепарування ГК і видалення текстильного корду. Спосіб видалення металокорду запатентований в США та Німеччині. У процесі переробки автошин за вказаною вище технологією утворюються такі продукти: груба гумова крихта фракції від 1 мм до 20 мм; дрібна гумова крихта, фракції до 1 мм; металокорд; кордні відходи - текстильні волокна з невідокремленою від них гумовою крихтою.

Дрібна гумова крихта використовується для приготування регенератів гуми, а також у промисловості будівельних матеріалів для отримання гумово - бітумних в'язучих при виробництві аеродромної мастики, ізола, фольгоізола, та інших бітумінозних матеріалів [1].

Модифіковане в'язуче готують шляхом термомеханічної обробки суміші бітуму з гумовою крихтою і наповнювачем. У процесі такої обробки відбувається девулканізація каучуку, що міститься в гумі, і модифікація ним бітуму. Для приготування гумово - бітумного в'язучого використовуються низькошвидкісні апарати, що забезпечують високі напрути зсуву в гумі (гумозмішувачі, змішувачі з Z-подібними лопатями, двушнекові змішувачі, вальці). Ці апарати відзначаються великою енергоємністю, малою продуктивністю і високою вартістю, і це стримує широке використання гумової крихти у виробництві будівельних матеріалів [14].

Результати і пояснення. Головною причиною руйнування шарів дорожнього одягу є втрата структурних зв'язків в матеріалі асфальтобетонних шарів, що значною мірою обумовлена низькою якістю нафтових бітумів. З метою покращення властивостей в'язучих сьогодні в закордонній та вітчизняній практиці для влаштування і ремонту дорожніх покриттів використовують композиційні в'язучі на основі нафтового бітуму і модифікаторів: полімерів (термопласти, термоеластоласти),

сірки, воску природного і синтетичного походження, відходів гумотехнічних виробів, природних бітумів тощо [10].

Розуміння закономірностей зміни структури і властивостей нафтових бітумів при приготуванні асфальтобетону дозволяє шляхом модифікації різними добавками коригувати його реологічну поведінку, на основі чого покращувати характеристики асфальтобетонів, тобто управляти якістю матеріалу і прогнозувати експлуатаційну надійність асфальтобетонних покриттів.

Одним із способів поліпшення властивостей асфальтобетону є застосування модифікаторів на основі гумової крихти, отриманої з автомобільних шин, що втратили споживчі властивості, а також інших гумотехнічних виробів.

Перша спроба отримання модифікованого в'язучого шляхом змішування природного каучук та бітуму відбулось ще в 1840-х роках. Через декілька років для підвищення фізико - механічних властивостей бітуму стали використовувати також синтетичний каучук, та сам процес удосконалення цього методу відбувався до 1930-х років [5].

Не зважаючи на високі показники модифікованого в'язучого, широко використання гумова крихта зазнала на початку 1960-х років.

Зокрема, 1995 рік знаменує собою реальне початок наукового інтересу до цієї області, можливо, в зв'язку з виходом на ринок різних продуктів в попередні роки (безперервна суміш, загальний сухий процес, а також щебенево-гумовий асфальт).

На сьогодні існує два основні способи отримання гумоасфальтобетонів в залежності від способу введення гумової крихти до складу асфальтобетонної суміші:

- «мокрый спосіб» передбачає попередню підготовку в'язучого - введення гумової крихти в дорожній бітум при температурі від 180 °С до 210 °С із метою досягнення максимального ефекту набрякання гуми у бітумі і їх об'єднання на межі поверхні контакту;

- «сухий спосіб» передбачає безпосереднє введення гумової крихти або складніших модифікаторів на її основі безпосередньо в асфальтозмішувальну установку.

До недоліків «мокрого» способу відносять:

- тривалість процесу (від 45 хв до декількох годин) приготування гумобітумного в'язучого на основі перемішування компонентів при високих температурах;

- необхідність наявності спеціального технологічного устаткування на АБЗ для приготування, зберігання і введення в'язучого в асфальтозмішувальну установку;

- збільшення технологічних витрат на приготування гумоасфальтобетонних сумішей.

Перевагою «мокрого» способу є закінченість формування структури гумобітумного в'язучого.

Роботи з використання відходів виробництва та використання відпрцьованого каучуку проводилися як і в нашій країні, так і за кордоном. За весь час накопичений значний досвід застосування таких відходів в дорожньому будівництві.

Роботи з використання гумових відходів при влаштуванні асфальтобетонних покриттів, розпочаті ще в (30-40)-х роках минулого століття, узагальнені в публікаціях Г.К. Сюньї, Н.В.Горелишева, Ф.Н.Пантелеєва та ін. Слід зазначити, що досвід використання відходів ГТВ є не лише в дорожньому будівництві, але і у виробництві гідроізоляційних, покрівельних і герметизуючих матеріалів [5].

В основному дослідження виконувались за двома напрямками використання гумової крихти. Зокрема, були розроблені численні методи і технологічні схеми так званого «сухого» введення гумової крихти в асфальтобетонну суміш при її приготуванні, тобто прямого використання гумової крихти як наповнювача в дорожньо-будівельних матеріалах, в асфальтобетонних покриттях. Вважається, що це найбільш проста і маловитратна схема використання. У різних країнах і регіонах були побудовані експериментальні ділянки доріг і аеродромів. Спочатку вони демонстрували досить високі характеристики, але потім, при поступовому набряканні добавки, покриття розуцільнювались і руйнувались.

З різновидів «мокрого» методу найбільш широкого поширення спочатку в США, а потім і в інших країнах (Канада, Іспанія, Португалія, Південна Африка, Бразилія) набув так званий прогумований бітум - Asphalt Rubber (AR), який розроблений у кінці 1960-х Чарльзом Макдональдом. Він шукав склад для ремонту широких «крокодилових» тріщин в асфальтобетонних покриттях на бетонних основах, і достатньо довго продовжував роботу перш, ніж запатентував склад і його застосування. Початкові польові випробування в проектах між 1988 р. і 1992 р. показали, що влаштування ремонтного шару асфальтобетону на основі Asphalt Rubber зменшує розтріскування і

витрати на обслуговування, значно зменшує власний шум шосе [12]. Патентований матеріал є, по суті, механічною сумішшю 20 % подрібненої гумової крихти і 80 % спеціального залишкового бітуму, збагаченого ароматичними фракціями. Частки гуми сягають розміру зерен кави і при змішуванні з гарячим бітумом набрякають, утворюючи гелеподібну масу, що має пружні властивості при розтягуванні. Реалізація даної технології в Україні не є можливою через відсутність спеціального обладнання для суміщення гумової крихти з бітумом, а також у зв'язку з тим, що на території країни відсутні бітуми, які за своїм складом та властивостями можуть використовуватись в даній технології.

Висновки та рекомендації.

Суміщення гумової крихти з бітумом супроводжується поглинанням гумовою крихтою певної кількості масел, які містяться у бітумі, що збільшує в'язкість отриманого в'язучого. Додавання пластифікатора дозволить регулювати склад в'язучого і забезпечувати необхідну його в'язкість, а також зручноукладальність гумоасфальтобетонної суміші. Крім того пластифікатор полегшить об'єднання гумової крихти з бітумом і, як наслідок, буде отримано гумоасфальтобетонні суміші високої якості.

Метод підвищення ефективності модифікації гумовою крихтою за рахунок використання хімічних реагентів повинен базуватися або на девулканізації гумової крихти та її хімічного об'єднання з молекулами бітуму, або на отриманні синергетично модифікованих в'язучих з високими фізико-технічними властивостями.

Висока вартість полімерів є головною причиною, що стримує широке застосування модифікованих бітумів. Для України це особливо актуально, оскільки падіння курсу національної валюти призвело до підвищення вартості імпортованих модифікаторів в 1,5-2 рази. Тому зниження вартості модифікованого бітуму за рахунок використання більш дешевих полімерів є важливою та актуальною проблемою, вирішення якої дозволить значно збільшити обсяги використання модифікованих бітумів і таким чином підвищити експлуатаційну надійність покриттів мережі автомобільних доріг України. Одним з напрямків вирішення проблеми зниження затрат може бути комплексна модифікація бітумів полімерними добавками та набагато більш дешевою гумовою крихтою. Звичайно в цьому випадку часткова заміна дорогих закордонних полімерів гумовою крихтою можлива за умови, що це не призведе до погіршення якості в'язучого.

З іншого боку введення в бітуми наряду з гумовою крихтою інших добавок можна розглядати як підвищення ефективності модифікації в'язучого. Так, додаткове введення адгезійних добавок покращить зчеплення бітуму з мінеральним матеріалом, використання полімерів надасть бітуму більшої еластичності та поліпшить їх тепло- та тріщиностійкість, застосування енергозберігаючих добавок дозволить знизити температури приготування та укладання модифікованих асфальтобетонних сумішей.

Перелік посилань

1. Hanson, D.I.; Foo, K.Y.; Brown, E.R.; Denson, R. Evaluation and characterization of a rubber-modified hot mix asphalt pavement. *Transp. Res. Rec. J. Trans. Res. Board* 1994, 1436, 98–107.
2. Yildirim, Y. Polymer modified asphalt binder. *J. Build. Constr. Mater.* 2007, 21, 66–72.
3. Печений Б.Г. Бітуми и битумные композиции. // М.: Химия, 1990. – 256 с.
4. Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы и битумы с добавками в дорожном строительстве. Всемирная дорожная ассоциация. Технический комитет «Нежесткие дороги» (С8). Под общей ред. В.А.Золотарева и В.И.Братчуна. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2003.
5. Басурманова И.В., Гохман Л.М. Применение модифицированных битумов. *Автомобильные дороги*, 1996, № 1.
6. Л.М. Гохман. Подбор состава полимерно-битумного вяжущего (ПБВ). *Автомобильные дороги*, 1996, № 1.
7. Вирожемський В.К., Кіщинський С.В., Кириченко Л.Ф., Бондар Н.А., Золотарьов В.О. Дослідження стабільності модифікованих бітумів при зберіганні / *Автошляховик України*, – 2004, – № 5.
8. Золотарев В.А. О системе оценки качества битумов, модифицированных полимерами типа СБС / *Автошляховик України*, – 2004, – № 6, – с. 26-32.

9. Кишинский С.В., Вырожемский В.К., Кириченко Л.Ф., Макарчев О.А. Анализ эффективности известных в Украине модификаторов битумов / Сборник трудов Международной научно-практической конференции, – Минск, – 2005, – с.45-51.

10. Кириченко Л.Ф., Кишинський С.В., Любченко Н.М., Лисенко Є.М. Дослідження старіння дорожніх бітумів під впливом технологічних та природних факторів з використанням сучасних методів випробувань // Збірник наукових статей «Дороги і мости» вип. 5, 2006 р.

11. Мальдонадо Р. Полифосфорная кислота в битуме // Автомобильные дороги №5(954), 2011 р.

12. Maldonado R., Fee D. «Bitumen modification with polyphosphoric acid» presented at 4th Eurasphalt&Eurobitume Congress 2008, Copenhagen, Denmark.

13. Orange G., Dupuis D., Martin JV, Farcas F., Such C., Marcant B. Chemical Modification of Bitumen Though Polyphosphoric Acid: Properties-Microstructure Relationship. Presented at the 3rd Eurasphalt&Eurobitume Congress, May 2004.

14. Baumgardner G., Masson J.F., Hardee J., Menapace A. Polyphosphoric Acid Modified Asphalt: Proposed Mechanisms, Propocedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, 74 (2007).

THE USE OF RUBBER CRUMB IS FOR MODIFICATION OF BITUMEN

Mirchuk Iryna O., PhD student, Department of Bridges and Tunnels National transport university, e-mail: ira.mirchuk@ukr.net, +380936718902, <https://orcid.org/0000-0003-3928-4293>

Onyshchenko Artur M., Doctor of Technical Science, Professor, National Transportation University, Head of bridges, tunnels and hydraulic structures Department, e-mail: onyshchenko.a.m.ntu@gmail.com, +380687771899, <https://orcid.org/0000-0002-1040-4530>

Plazii Ievgen P., PhD student, Department of Bridges and Tunnels National transport university, e-mail: eplaziy@gmail.com, +380503585869, <https://orcid.org/0000-0002-9269-4518>

Annotation. The main reason for the destruction of road wear layers is the loss of structural connections in the material of asphalt concrete layers, which is largely due to the low quality of bitumen. In order to improve the properties of binding materials, composite binders based on bitumen and modifiers are used in foreign and domestic practice for the installation and repair of road surfaces. One of the ways to improve the properties of asphalt concrete is the use of modifiers based on rubber crumb obtained from car tires that have lost consumer properties, as well as other rubber products. The problem of using tires is also of great environmental importance. Used products accumulate in places of operation (car parks, airfields, industrial enterprises, etc.). In addition, tires have a high fire hazard, and products of uncontrolled combustion have an almost irreversible impact on the environment. The paper presents a domestic and foreign analysis of the use of rubber crumb to modify bitumen in order to improve the physical and mechanical indicators of road wear. Asphalt concrete coating on transport facilities, which includes bitumen, is subject to significant influence of adverse factors (precipitation, change in environmental temperature, load from motor vehicles, etc.), which reduce its durability. Modification of road bitumen is one of the promising ways of increasing the durability of asphalt concrete pavement on artificial structures. Since the rubber crumb has an organic affinity with the components of bitumen and the physical and mechanical interaction gives a homogeneous material with significantly different characteristics from the original material.

Key words: bitumen, modification, rubber crumb.

References

1. Hanson, D.I.; Foo, K.Y.; Brown, E.R.; Denson, R. Evaluation and characterization of a rubber-modified hot mix asphalt pavement. *Transp. Res. Rec. J. Trans. Res. Board* 1994, 1436, 98–107. [in English].

2. Yildirim, Y. Polymer modified asphalt binder. *J. Build. Constr. Mater.* 2007, 21, 66–72. [in English].

3. Pechai B.G. Bitumes and bituminous composites. // M.: Hemistry, 1990. - 256 p. [in Russian].

4. Modified bituminous waters, special bitums and bitums with additives in a road construction. *Movie Road Association. Technical Commate "Non-Roads" (C8). Under General Ed. V.A.Zolotareva and V.I.Bratchun. - Kharkov: Education Knife, 2003. [in Russian].*

5. Basuranova IV, Gochman L.M. Modified bitumen modified bits. *Automobile roads*, 1996, №.1. [in Russian].

6. LM Gochman. *Punver Polymer-Bitumnoy (PBV). Automobile roads*, 1996, № 1. [in Russian].

7. V.K., Kyschinsky SV, Kirichenko L.F., Bondar N.A., Zolotarev VO Studies of the stability of modified bitumen in storage / driving capital of Ukraine, 2004, №5. [in Ukrainian].
8. Zolotarev V.A. О Кастема Кастема Битамов, Modified Polymers Type SBS / Driving School of Ukraine, 2004, № 6, p. 26-32. [in Russian].
9. Kokoshinsky SV, Viroshemsky V.K., Kirichenko L.F., Makarchev O.A. Analysis of Effectivists in Ukraine Modifies Bitums / Military Works Interdependent Scientific-Practical Conference, □ Minsk, 2005, p.45-51. [in Russian].
10. Kirichenko L.F., Kyschinsky SV, Lyubchenko N.M., Lysenko E.M. Investigation of aging road bitumen under the influence of technological and natural factors using modern test methods // Collection of scientific articles "Roads and bridges" VIP. 5, 2006. [in Ukrainian].
11. Maeldonado R. Polyphosphoric Acid in Bitum // Automobile Roads No. 5 (954), 2011. [in Russian].
12. Maldonado R., Fee D. «Bitumen modification with polyphosphoric acid» presented at 4th Eurasphalt&Eurobitume Congress 2008, Copenhagen, Denmark. [in English].
13. Orange G., Dupuis D., Martin JV. Farcas F., Such C., Marcant B. Chemical Modification of Bitumen Though Polyphosphoric Acid: Properties-Microstructure Relationship. Presented at the 3rd Eurasphalt&Eurobitume Congress, May 2004. [in English].
14. BaumgardnerG., MassonJF., HardeeJ., MenapaceA. Polyphosphoric Acid Modified Asphalt: Proposed Mechanisms, Propocceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, 74 (2007). [in English].